



Hypothèse calleuse. Mouvement coordonné, sautiellement et latéralités : étude longitudinale chez des élèves de 4 à 6 ans

Marie Pécheux-Grimm

► To cite this version:

Marie Pécheux-Grimm. Hypothèse calleuse. Mouvement coordonné, sautiellement et latéralités : étude longitudinale chez des élèves de 4 à 6 ans. 2013. halshs-00867374

HAL Id: halshs-00867374

<https://shs.hal.science/halshs-00867374>

Preprint submitted on 14 Oct 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Hypothèse calleuse. Mouvement coordonné, sauttillement et latéralités : étude longitudinale chez des élèves de 4 à 6 ans

M.Pécheux-Grimm^a

Résumé

Fondée sur l'hypothèse du transfert inter-hémisphérique et sur l'existence d'un lien entre activités cognitives et activités motrices, cette étude longitudinale concernant des élèves de 4 à 6 ans propose un paradigme de motricité comprenant un indice de latéralité complexe, un sauttillement présentant alternativement un simple rebond sur chaque pied et un mouvement coordonné obligeant la mobilisation d'une main avec la jambe opposé, appelé HBDG. Il s'agit d'avancer vers l'élaboration d'une grille d'évaluation rapide pour prédire facilement et précocement les attitudes inadéquates à l'apprentissage et les mauvais résultats en classe, afin de prévenir les difficultés scolaires et de proposer des remédiations. Les résultats montrent que les élèves ayant le plus de mal à réaliser le sauttillement à simple rebond et le mouvement HBDG, et présentant deux latéralités à gauche sur les trois latéralités main, œil et pied, avec, en particulier, un rôle remarquable du pied gauche, risquent d'être parmi les élèves les plus en difficultés, dix-huit mois plus tard. Le paradigme de motricité employé dans cette étude permet de prédire 33.77% de la variance des scores de toutes les attitudes nécessaires à l'apprentissage et 35.35 % de celle des scores des résultats scolaires.

Mots clefs. Dyslexie, troubles des apprentissages, difficultés scolaires, hypothèse interhémisphérique, motricité globale, motricité graphique, latéralités, coordination, mouvement HBDG

Key words : Dyslexia, learning disabilities, school difficulties, interhemispheric hypothesis, gross motor, graphic motor, laterality, coordination, HBDG movement

INTRODUCTION

Troubles des apprentissages et difficultés scolaires

Les troubles des apprentissages, et en particulier la dyslexie, touchent de nombreuses personnes, adultes comme enfants, affectant les fonctions cognitives qui sont nécessaires aux acquisitions scolaires ou aux activités de la vie quotidienne. Apparaissant précocement, distincts de la déficience intellectuelle, ce sont des troubles développementaux pour lesquels les conditions socioéconomiques invalidantes, les maladies neurologiques ou psychiatriques, les déficits sensoriels ou l'environnement scolaire ont été écartés comme premières étiologies. Selon l'OMS (1992), la dyslexie est définie comme une « altération spécifique et significative de l'acquisition de la lecture, non imputable exclusivement à un âge mental bas, à des troubles de l'acuité visuelle ou à une scolarisation inadéquate ». Sa prévalence pourrait être estimée entre 3 et 5 %, atteignant trois fois plus les garçons que les filles. D'autres troubles existent également, concernant différents domaines d'apprentissage : il s'agit des dysphasies (troubles spécifiques du langage oral), des dysgraphies (troubles spécifiques de l'écriture), des dyscalculies (troubles spécifiques du calcul), des dysorthographies (troubles spécifiques de l'acquisition et de la maîtrise de l'orthographe), des dyspraxies (troubles spécifiques de l'acquisition de la coordination du geste, TAC), des déficits attentionnels avec ou sans hyperactivité (TDA ou TDAH) ou des troubles des apprentissages non verbaux (SDNV). Pour certains auteurs, chaque pathologie dys serait considérée comme un trouble en soit, indépendant, pouvant être associé chez un même individu, il s'agirait alors de troubles comorbides. Pour d'autres auteurs, au contraire, il existerait une pathologie dys, globale, constituant le « syndrome dys », chaque trouble pouvant être associées à une dyslexie chez un même individu ou s'exprimer indépendamment

^a Univ. Nice Sophia Antipolis, CNRS, BCL, UMR 7320, 06300 Nice, France.
mailto : marie.pecheux-grimm@laposte.net

(constellation des dys, Habib, 2007). La population dys à l'école est estimée entre 3 et 10 % suivant les études (INSERM, 2007). Ces troubles des apprentissages ne provoquent pas un simple retard dans la scolarité ou une difficulté plus ou moins importante pour s'exprimer, écrire ou calculer, mais ils rendent très souvent les acquisitions impossibles, malgré un niveau intellectuel parfois au dessus de la norme. Les déficits liés aux troubles dys ont des répercussions non seulement sur la scolarité, mais également sur l'image de soi (Terras, Thompson & Minnis, 2009). En effet, les enfants dys souffrent bien souvent d'une atteinte de leur propre estime, aggravée par l'incompréhension ou l'impuissance de l'entourage face à ces troubles (effet dit de « spirale infernale » ; Richelme, 2010). Au-delà de l'échec scolaire, l'adulte qui n'a bénéficié d'aucune remédiation pour pallier ces déficits peut avoir d'importantes difficultés d'intégration sociale ou professionnelle, car la bonne maîtrise de l'écrit, de la langue orale ou des opérations mathématiques est indispensable au regard des exigences du monde du travail. L'insuffisance et la mauvaise consolidation des acquis constituent de lourds handicaps qui obligent souvent à s'engager dans des voies professionnelles moins prestigieuses que celles des individus qui ont un fonctionnement standard ou qui ont eu les moyens de travailler sur leurs lacunes : les personnes faibles lectrices ont ainsi 4 à 12 fois plus de risques d'être touchées par le chômage (Vaivre-Douret & Tursz, 1999). La compréhension de l'échec scolaire et sa prévention sont donc des défis majeurs pour la recherche et pour les responsables politiques, l'accès à l'écrit constituant un enjeu de société majeur (Chanquoy & Negro, 2004).

Le problème est d'autant plus complexe qu'il est souvent impossible de dire dès l'école maternelle ou primaire si un enfant présente une difficulté scolaire passagère ou s'il est atteint d'un trouble des apprentissages, soit parce qu'il est encore trop jeune, soit parce que l'institution scolaire ne sait pas différencier simple difficulté ou trouble et ne l'adresse pas aux services capables de poser le bon diagnostic. L'école doit bien pourtant faire face à ce problème car elle a l'obligation d'améliorer ses actions éducatives pour conduire tous ses élèves vers la plus grande réussite possible. Pour cela, il est nécessaire à tous les intervenants de l'enfance de mieux comprendre le phénomène de l'échec scolaire, la nature des troubles des apprentissages et leurs origines, parmi lesquelles existe, entre autre, une théorie explicative, celle du déficit du transfert interhémisphérique.

Théorie du déficit du transfert interhémisphérique ou théorie calleuse

Cette théorie postule que la dyslexie pourrait être due à une mauvaise communication interhémisphérique, suite au dysfonctionnement d'une structure particulière, le corps calleux (Best, 1985 ; Gladstone, Best & Davidson, 1989; Gross-Glenn & Rothenberg, 1984 ; Markee, Brown, Moore & Theberge, 1996 ; Verstichel & Degos, 2000). Ce syndrome de « déconnexion fonctionnelle hémisphérique » fait l'objet de nombreuses recherches depuis plusieurs années (Leisman, 2002). Impliquant conjointement les fonctions verbales, principalement latéralisées dans l'hémisphère gauche et les fonctions visuo-spatiales, siégeant essentiellement dans l'hémisphère droit, l'acte de lecture pourrait ne pas pouvoir s'accomplir efficacement avec un corps calleux inefficace. Il permettrait également d'expliquer les autres troubles des apprentissages, la plupart des tâches cognitives nécessitant également l'intervention de zones cérébrales situées sur les deux hémisphères en même temps.

Le corps calleux, un « pont » entre les deux hémisphères

Appelé aussi grande commissure et comportant deux cent à huit cent millions de fibres nerveuses, le corps calleux est le plus important faisceau de fibres blanches reliant les deux hémisphères. Il est composé de quatre parties : le genou apparaît en premier, puis le corps, puis le splénium et enfin le bec, nommé aussi rostre ou isthme. Cette structure médiane, en forme de lame, connecte des zones corticales de même nature d'un hémisphère à l'autre, grâce à des fibres homotypiques. Grâce à d'autres fibres, hétérotypiques, il relie aussi des zones corticales non homologues, comme le centre de traitement du langage et le centre de la vision, par exemple (Barkovich, 1996). Le transit informationnel entre les deux hémisphères est très rapide, de l'ordre de vingt à cinquante millisecondes (Gazzaniga, Ivry & Mangun, 2001).

Le corps calleux se forme à partir d'un amas de cellules qui naissent au fond de la scissure interhémisphérique, lors de la 11^{ème} semaine de grossesse. À la 12^{ème} semaine, les premiers axones franchissent la ligne médiane (Verstichel & Degos, 2000). Au cours du 2^{ème} et 3^{ème} mois, les fibres nerveuses venant des régions pariétales et frontales inférieures, responsables des fonctions motrices et sensorielles, vont s'interconnecter et permettre la croissance du genou et du corps. Certaines fibres calleuses vont disparaître, d'autres perdurer, activées par les neurones corticaux soumis à des stimulations sensorielles et à l'influence des hormones, stéroïdes sexuels et hormones thyroïdiennes en particulier. Entre le 5^{ème} et 6^{ème} mois après la naissance, le splénium croît rapidement avec la mise en place de l'accommodation visuelle et de la vision binoculaire. Grâce à la formation de connections interhémisphériques entre les lobes temporaux et pariétaux, son corps va s'épaissir (Abbara, 2010). Sa formation se poursuit donc après la naissance, la myélinogenèse débute et va permettre l'augmentation du volume du corps calleux. Sa croissance est presque achevée à quatre ans, rendant possible la coordination des activités bimanuelles, qui permet d'utiliser les deux mains simultanément pour élaborer des gestes complexes, tels que découper une feuille avec des ciseaux ou lacer des chaussures, par exemple. Thompson *et al.* (2000) ont mis en évidence une vague de croissance dans le corps calleux du rostre vers la queue, de la naissance à l'adolescence. Ils montrent que les fibres interhémisphériques croissent particulièrement de trois à six ans, ce qui permet la planification des nouvelles activités auxquelles est confronté l'enfant lors de ses premiers apprentissages scolaires, ainsi que le maintien de la vigilance. Hellige (2002) rapporte qu'à cette même période, les aires occipitales et frontales gauches se développent plus vite que leurs homologues situées dans l'hémisphère droit, ce

qui semble bien être en rapport avec la période de diversification lexicale, syntaxique et grammaticale (Corballis, 1991 ; Thatcher, Walder & Guidice, 1987). Entre onze et quinze ans, l'isthme, intervenant dans les traitements langagiers fins au niveau temporo-pariétal, est à son tour le siège d'une forte croissance, ce qui permettrait à l'adolescent d'avoir un langage de plus en plus élaboré (Thompson *et al.*, 2000)

C'est surtout depuis le début du siècle dernier que le corps calleux fait l'objet de recherches importantes, grâce à la découverte des neurones par les deux Prix Nobel Golgi (1906) et Ramón y Cajal (1906) et par l'étude des patients commissurotomisés ou callostomisés (patients dont les hémisphères ont été chirurgicalement déconnectés par section du corps calleux, en cas de tumeur ou d'épilepsie rebelle) : l'observation et l'évaluation des capacités motrices et langagières de ces patients montre que le cerveau ne fonctionne pas correctement si les aires cérébrales impliquées dans ces activités, pourtant intactes, ne sont pas reliées, « câblées » entre elles, par le corps calleux en particulier (Verstichel & Degos, 2000). En effet, accomplir une activité particulière nécessite l'utilisation de structures réparties dans les deux hémisphères - même si l'un est plus sollicité que l'autre. Par exemple, pour la compréhension d'un discours, si l'hémisphère gauche traite plus spécifiquement le sens de chaque mot, l'hémisphère droit traite l'information sémantique de manière plus étendue, et permet de comprendre le langage métaphorique ou les expressions. Les deux hémisphères interviennent donc de façon complémentaire dans la plupart des activités cognitives, chacun apportant une contribution spécifique (Hellige, 2002 ; Jung-Beeman, 2005). Dans certains cas, l'inhibition partielle d'un hémisphère par l'autre est essentielle pour que s'accomplissent des mouvements bimanuels non symétriques, tels que dans l'écriture par exemple, une main devant seulement tenir la feuille, l'autre devant se livrer à des mouvements extrêmement complexes pour que la trace écrite apparaisse sur le papier (Schnitzle, Kessler & Benecke, 1996). Sacco, Moutard, et Fagard (2006) indiquent que l'absence partielle ou totale du corps calleux pourrait empêcher l'émergence précoce de la coordination bimanuelle, or, justement, celle-ci est souvent problématique chez les personnes commissurotomisés (syndrome de la main capricieuse ; Assal, Schwartz & Vuilleumier, 2007 ; Geschwind *et al.*, 1995).

Pour résumer, le corps calleux a donc trois rôles principaux (Hellige, 2002 ; Mayer, 2002). Il permet, tout d'abord, le transfert des informations sensorielles, motrices et cognitives entre le cerveau gauche et le cerveau droit. Ensuite, il aide à la bonne exécution des traitements cognitifs complexes, soit par la coopération des deux hémisphères, soit par l'inhibition d'un hémisphère sur l'autre (Bloom & Hynd, 2005 ; Cook, 1986). Enfin, il favorise la régulation des fonctions attentionnelles (Banich & Belger, 1990 ; Liederman, 1998). Son rôle est par conséquent fondamental pour toute opération cognitive nécessitant la mobilisation simultanée de zones cérébrales situées sur les deux hémisphères, il entre donc en jeu dans la majorité des apprentissages. Il intervient aussi pour permettre les mouvements complexes et coordonnés mobilisant des portions des deux hémicorps. Il y a donc là un axe de recherche particulièrement intéressant, entre motricité et cognition.

Le transit informationnel pourrait être défaillant chez les enfants dys

Chez les enfants dys, le corps calleux, partiellement formé ou dysfonctionnel, serait inefficace et ne serait pas en mesure de permettre correctement le transit des informations d'un hémisphère à l'autre, ce qui gênerait l'intégration des informations auditives, visuelles ou tactiles (Gladstone, Best, & Davidson, 1989 ; Moore, Brown, Markee, Théberge, & Zvi, 1995). Cela expliquerait ainsi la présence d'un ou plusieurs troubles des apprentissages suivant l'importance et la nature de la défaillance calleuse. Ainsi, les agénésies partielles ou totales du corps calleux sont fréquemment accompagnées de difficultés d'apprentissage (Moutard, 2007). Or, il existe des agénésies partielles ou totales du corps calleux chez 0,3 à 0,7 % de la population, qui peuvent être ou non associées à d'autres anomalies du système nerveux central (50 % des cas), ou du système cardiaque, génito-urinaire ou diaphragmatique (60 % des cas) (Abbara, 2010). Dans 10 à 20 % des cas, des anomalies chromosomiques sont présentes, des facteurs métaboliques, ischémiques, tératogènes ou infectieux sont parfois suspectés. Une anomalie de la myélinisation du corps calleux est également évoquée (Barkovich & Norman, 1988). Le problème est qu'il est difficile de savoir, jusqu'à présent, si les enfants dys sont porteurs d'une agénésie du corps calleux ou atteints d'une déconnexion fonctionnelle de celui-ci, car les syndromes de déconnexion spontanée ne font que rarement l'objet de recherche lors des examens médicaux (Faure, Habib, Joannette & Lechevalier, 2008). De plus, leurs signes cliniques sont possiblement très peu visibles car des mécanismes compensatoires vont se mettre en place au cours du développement : à l'âge de trois ans, 75 % des enfants présentant une agénésie isolée du corps calleux ont un développement normal ou presque normal, pourtant, ultérieurement, ces enfants présenteront de subtils défauts cognitifs pour l'acquisition des connaissances (Abbara, 2010). Il est donc indispensable de mieux comprendre ce phénomène et de se doter d'outils pour le diagnostiquer.

Méthodes exploratoires du corps calleux ou de la fonction calleuse

Différentes méthodes sont employées pour tester la validité de la théorie du déficit interhémisphérique. Certaines méthodes observent directement l'anatomie du corps calleux (IRM, IRMf, tractographie en tenseur de diffusion par IRM, etc.), d'autres permettent seulement de mieux comprendre son fonctionnement en approchant les phénomènes de latéralisation et de spécialisation interhémisphérique lors de tâches cognitives, ainsi qu'en étudiant les temps de transfert nécessaires à l'accomplissement d'épreuves expérimentales (tachistoscopie, présentation en champ visuel divisé, écoute dichotique, etc.).

Du côté des méthodes d'observation directe, chez les dyslexiques, L'IRM relève des anomalies du corps calleux dans l'isthme (Rumsey *et al.*, 1996), le splénium (Duara *et al.*, 1991; Rumsey *et al.*, 1996) et dans le genou (Hynd *et al.*, 1995). Certaines études révèlent que le corps calleux serait de taille différente (Castro-Caldas *et al.*, 1998 ; Duara *et al.*, 1991), mais ce constat ne fait pas consensus dans la littérature (Larsen, Høien, & Odegård, 1992) : la taille globale ou la taille des différentes portions du corps calleux peuvent présenter des différences interindividuelles extrêmement variables, ce qui rend difficile les comparaisons entre les différents groupes de sujets. En définitive, il n'est pas possible pour l'instant de statuer officiellement sur le lien entre la forme du corps calleux, l'importance de l'asymétrie du cerveau et la dyslexie, même si de nombreuses études travaillent en ce sens, car le fonctionnement normal du corps calleux n'est pas encore bien compris (Hellige, Taylor, Lesmes & Peterson, 1998 ; Jäncke, Wunderlich, Schlaug & Steinmetz, 1997). Tout au plus, il semble que le corps calleux ne soit pas correctement formé, achevé ou fonctionnel.

Du côté des méthodes d'observation indirecte, l'étude de Badzakova-Trajkov *et al.* (2005), par exemple, montre que des enfants atteints d'une dyslexie phonologique présentent une asymétrie notable entre les deux champs visuels, contrairement aux normaux lecteurs, ainsi que de meilleures réussites avec la main gauche plutôt qu'avec la main droite quand ils répondent aux tests, ce qui tendrait à montrer une commande motrice cérébrale droite plus performante. Ses auteurs postulent l'hypothèse d'un dysfonctionnement calleux et d'une latéralisation hémisphérique défectueuse. Dans d'autres expériences avec des épreuves de présentation visuelle de lettres, les erreurs sont légèrement plus nombreuses chez les sujets dyslexiques que chez les normaux lecteurs, et les temps de transfert interhémisphérique pourraient montrer également une moins bonne efficacité calleuse (Markee, Brown, Moore & Théberge, 1996). Comparant les performances de bons et de mauvais lecteurs, Yeni-Komshian, Isenberg et Goldberg (1975) suggèrent que les faibles lecteurs souffrent soit de dégradation dans le processus pris en charge par l'hémisphère droit, soit d'une dégradation de la transmission de l'hémisphère droit vers l'hémisphère gauche. Ainsi, pour Lechevalier, Eustache et Vadier (2008), étudier la fonction calleuse est une piste de recherche particulièrement prometteuse pour comprendre la genèse des troubles des apprentissages et la dynamique des relations du corps calleux avec le développement cognitif. Dans cette perspective, pour observer indirectement l'expression de l'activité calleuse, il semblait intéressant d'utiliser un paradigme de motricité nécessitant une bonne coordination interhémisphérique et prenant en compte les latéralités de la main, de l'œil et du pied, dans une étude longitudinale concernant des élèves de quatre à six ans.

L'intérêt d'une exploration en motricité

Si l'utilisation de paradigme de motricité n'est pas habituelle dans l'étude des troubles des apprentissages, elle pourrait cependant être instructive en raison du double rôle du corps calleux dans la motricité et dans la transmission des informations sensorielles, et compte tenu des liens étroits qu'entretiennent la motricité et la cognition. En effet, bien avant les conclusions du National Education Goals Panel (1991), Piaget et Inhelder (1956) prenaient en compte la motricité dans la mise en place des compétences cognitives chez l'enfant. Geuze, Jongmans, Schoemaker et Smits-Engelsman (2001) ainsi que Missiuna, Moll, King, S., King, G. et Law (2007) remarquent que les capacités d'apprentissages sont liées aux capacités motrices. Synthétisant de nombreux résultats cliniques et neuroanatomiques, Grissmer, Grimm, Aiyera, Murraha et Steele (2010) notent qu'il existe une activation des zones cérébrales chargées du contrôle de la motricité lors de la réalisation des tâches cognitives, alors que la personne reste immobile. Inversement, certaines zones concernant les tâches cognitives s'activent lors de tâches motrices complexes. Pour eux, il pourrait y avoir un lien bidirectionnel entre habiletés motrices et aptitudes cognitives. De nombreux auteurs montrent d'ailleurs une association entre les Troubles Spécifiques du Langage et les troubles de la motricité globale et de la motricité fine (Albaret, 1999 ; Albaret & De Castelnaud, 2009 ; Chaix *et al.*, 2007 ; Tramontana, Hooper & Selzer, 1988 ; Webster, Majnemer, Platt & Shevell, 2005). D'une manière générale, les difficultés motrices sont fortement corrélées aux capacités d'apprentissage (Geuze *et al.*, 2001; Missiuna *et al.*, 2007) et seraient majorées lorsqu'elles s'accompagnent de problèmes comportementaux (Harvey & Reid, 2003 ; Kadesjö & Gillberg, 2001; Kaplan & Wilson, 1998) ou de troubles spécifiques du langage (Gaines & Missiuna, 2007 ; Hill, 2001; Webster, *et al.*, 2005). Pour Nicolson et Fawcett (2007), les compétences en motricité des personnes dys sont inférieures à la normale, particulièrement en ce qui concerne l'équilibre, ce qu'ils rattachent à un trouble de l'apprentissage procédural. Analysant les résultats d'une étude portant sur une cohorte de 2120 enfants suivis pendant quatorze ans, Pagani, Fitzpatrick, Belleau et Janosz (2011), montrent qu'en maternelle les habiletés de déplacement sont corrélées positivement à la motricité fine, qui est elle-même corrélée aux activités de lecture-écriture, ainsi qu'aux réussites scolaires futures. De ce fait, ces auteurs considèrent que les habiletés motrices, associées aux capacités linguistiques et aux capacités attentionnelles, devraient recevoir plus de considération, notamment, parce qu'il est possible d'intervenir précocement dans ce domaine. Récemment, allant dans ce sens, le Bilan de Santé Évaluation du Développement pour la Scolarité (BSEDS 5-6 ans ; Azzano *et al.*, 2011) intègre des items de motricité globale et graphique dans le but de détecter précocement les enfants risquant de présenter par la suite des troubles des apprentissages. Le choix d'exercices de motricité facilement réalisables, accompagnés d'une notation simple et à la portée d'enseignants non spécialisés et d'items appartenant au domaine scolaire paraît donc un choix approprié. En effet, des exercices de motricité demandant une coordination interhémisphérique performante pourraient mettre en évidence de quelle manière l'enfant ordonne ses mouvements avec un hémisphère cérébral ou avec l'autre, ou avec les deux en même temps, et renseigner ainsi indirectement sur l'efficacité calleuse.

PROBLEMATIQUE

Une détection beaucoup trop tardive

Tandis qu'Entwisle, Alexander et Olson (2005) montrent que les habiletés de l'enfant, dès la maternelle, permettent de prédire sa réussite non seulement en primaire, mais aussi après le secondaire, le corps enseignant n'a pratiquement aucun outil pour suspecter l'émergence des troubles des apprentissages en école préélémentaire. En effet, ces troubles spécifiques ne peuvent aujourd'hui être diagnostiqués que dix-huit mois après les débuts d'un apprentissage, alors qu'ils se sont vraisemblablement installés précocement et qu'ils sont, pour une grande part, déjà résistants aux rééducations. En France, le Code de l'Éducation (art. 541-1) n'ordonne le dépistage des troubles du langage qu'à partir de la sixième année de vie. Dans le cas de la seule dyslexie, à peine 59,3 % des enfants pris en charge par les orthophonistes sont diagnostiqués avant sept-huit ans, alors que l'identification des mots est déjà automatisée dans la population standard (Baptiste, Revol, & Benkaci, 2001). Aussi, de plus en plus, il est recommandé aux enseignants de repérer les élèves potentiellement dys en maternelle, le plus tôt possible, grâce à l'exploration des capacités langagières et phonologiques, puisqu'elles pourraient être prédictives de futures dyslexies (Lecoq, 1991 ; Touzin & Le Heuzy, 2002) : en effet, lors d'exercices de phonologie, l'IRMf révèle une hypoactivité dans les régions occipito-temporale et pariéto-temporale gauches chez des enfants pré-lecteurs présentant une probabilité familiale de troubles dyslexiques (Raschle, Zuk & Gaab, 2012). Il serait donc possible de repérer certains enfants à risques très tôt, mais faire passer un IRMf à l'ensemble de la population enfantine est inenvisageable et l'exploration des compétences phonologiques est difficile à mener dans une classe de trente élèves, notamment parce que les capacités métaphonologiques des jeunes enfants ne sont pas assez développée avant cinq ans (Gombert, 1988). Il faudrait pouvoir doter les enseignants d'outils plus simples à utiliser dans le cadre des activités scolaires, telles des activités de motricité, accessibles au jeune public, faciles à évaluer par les professeurs et utilisables très tôt dans la scolarité. Très peu développées dans le domaine de la détection chez le jeune élève, elles permettraient peut-être de repérer précisément et précocement, dès les premières années de scolarisation, une partie des enfants susceptibles de développer plus tard un ou plusieurs troubles des apprentissages pour les orienter plus tôt vers des consultations spécialisées et pour des prises en charge efficaces.

Validation des évaluations effectuées par les enseignants

Il paraît donc crucial qu'une partie des efforts de la recherche se porte sur les moyens et les outils que le corps enseignant peut utiliser. La question est de savoir si les évaluations scolaires, réalisées par les professeurs des écoles, non spécialisés, peuvent être valides dans le cadre d'une expérimentation. En fait, de très nombreuses études se sont penchées sur la qualité et la prédictivité des évaluations faites par les enseignants. Guimard, Cosnefroy et Florin (2007) considèrent que ceux-ci peuvent contribuer à une meilleure compréhension des trajectoires scolaires. Du fait de leur position privilégiée, ils sont les plus à même de décrire les savoir-être et les savoir-faire des élèves (Taylor, Anselmo, Foreman, Schatschneider & Angelopoulos, 2000 ; Zazzo, 1978). Globalement, bien que ne permettant pas l'évaluation des processus sous-jacents des apprentissages telles que peuvent le faire finement les évaluations des neuropsychologues, certains auteurs considèrent que les évaluations à l'aide de tests cognitifs standardisés, et celles réalisées par les enseignants sont complémentaires (Agostin & Bain, 1997 ; Alexander, Entwisle & Dauber, 1993 ; Flynn & Rahbar, 1998 ; Meljac, Kugler & Mogenet 2001 ; Quay & Steele, 1998). La valeur prédictive des évaluations des enseignants concernent non seulement les comportements et les attitudes scolaires, mais aussi les résultats et l'ensemble des performances, et seraient souvent équivalentes à celles des tests standardisés (Meisels, Bickel, Nicholson, Xue & Atkins-Burnett, 2001 ; Quay & Steele, 1998). Elles pourraient s'inscrire dans les protocoles destinés à comprendre et à anticiper la difficulté scolaire (Mantzicopoulos & Morrison, 1994 ; Yen, Konold & McDermott, 2004). Et surtout, parallèlement à une prise en charge extérieure, les enseignants pourraient éviter la cristallisation des difficultés et leur résistance aux remédiations tardives en aidant précocement les élèves sur le lieu même des apprentissages (DiLalla, Marcus & Wright-Phillips, 2004). Ainsi, au regard de ces différentes études, il paraît justifié d'utiliser des items issus du milieu scolaire et facilement évaluables par les enseignants des classes, tels que la concentration, l'écoute des consignes ou l'autonomie, considérés comme les plus prédictifs des futures réussites ou des difficultés scolaires.

HYPOTHESE

Si des élèves présentent une problématique calleuse avec une insuffisance du transfert interhémisphérique, les tâches cognitives qu'ils ont à effectuer devraient être affectées par ce transit défaillant, ce qui devrait retentir sur leur capacité à comprendre, à apprendre et à réussir les exercices qui leur sont proposés en classe. Ils devraient donc avoir des résultats scolaires nettement moins bons que ceux de leurs camarades et faire partie du groupe des élèves les plus en difficulté.

Par ailleurs, s'il existe une insuffisance dans les transmissions interhémisphériques, la coordination globale devrait être plus ou moins déficiente, ce qui pourrait se manifester par de moins bonnes performances pour réaliser des exercices de motricité et de coordination globale mobilisant des membres situés sur les deux hémicorps en même temps, et nécessitant par conséquent l'utilisation des deux hémisphères.

De plus, puisque les aires du langage sont principalement situées dans l'hémisphère gauche, si des élèves présentent une insuffisance de transfert interhémisphérique, ceux qui utilisent préférentiellement l'hémisphère droit et qui sont plutôt latéralisés à gauche pour les membres ou pour l'œil devraient être plus en difficulté, notamment en lecture et en écriture : les élèves les plus en difficulté dans ces matières devraient alors présenter plus de latéralités à gauche que les élèves les plus en réussite.

Ainsi, si une insuffisance de transfert informationnel interhémisphérique se retrouve chez les enfants les plus en difficulté, ils devraient alors présenter de mauvais scores pour des exercices de coordination globale nécessitant l'utilisation conjointe des deux hémisphères ainsi qu'une plus grande présence de latéralités situées à gauche, en même temps que de mauvais scores pour les acquisitions scolaires dans leur ensemble.

De plus, réalisés en maternelle, ces exercices de coordination globale devraient permettre de prédire les résultats futurs des élèves : si les élèves obtiennent de mauvais scores en exercices de coordination globale, ils devraient également présenter de mauvais scores pour leurs attitudes d'apprentissage et leurs résultats scolaires, dix-huit mois plus tard.

EXPERIMENTATION

Participants

Pour réaliser l'expérience, 42 élèves de Moyenne Section de maternelle (18 filles et 24 garçons, de 3 ans 11 mois à 4 ans 10 mois, âge moyen 4 ans 6 mois) et 39 élèves de Grande Section de maternelle (21 filles et 18 garçons, de 4 ans 11 mois à 5 ans 10 mois, âge moyen 5 ans 4 mois) ont été sélectionnés de manière aléatoire parmi six classes d'un groupe scolaire de la région niçoise.

Epreuves

Cette étude longitudinale a été conduite en deux temps, le premier en novembre et le second 18 mois plus tard, en mai de l'année scolaire suivante.

Tout d'abord, en début de Moyenne (MS) et de Grande Section (GS), les élèves ont exécuté deux exercices de motricité : un mouvement sollicitant bras et jambe opposée (mouvement Haut-Bas-Droite-Gauche, dit mouvement HBDG) et un sautillement avec un simple rebond sur chaque pied. Ensuite, les latéralités de la main, de l'œil et du pied ont été recherchées. Ce premier temps de l'étude a été conduit par l'expérimentatrice et les résultats n'ont pas été communiqués aux enseignantes afin d'éviter toutes interférences.

Dix-huit mois plus tard, soit en fin de Grande Section (GS) et de Cours Préparatoire (CP), les élèves ont été évalués pour leurs attitudes nécessaires à un travail scolaire performant, tels que la concentration ou l'autonomie, ainsi que pour leurs résultats scolaires. Ce deuxième temps de l'expérimentation a été conduit par les enseignantes des classes.

Premier temps de l'expérimentation

1. Mouvement HBDG. Les élèves de MS et de GS ont d'abord dû exécuter un mouvement HBDG, allongé sur le dos, nécessitant la mobilisation, en même temps d'un bras et de sa jambe opposée. Ce mouvement s'exécutait en quatre phases, après apprentissage. (1) *Premier repos.* Les enfants devaient être totalement détendus en décubitus dorsal, bras et jambes allongés sur le sol, comme s'ils dormaient sur un lit. (2) *Premier lever.* Un signal les invitait à lever le bras droit et la jambe gauche de manière oblique, d'au moins dix centimètres, strictement en même temps - si possible -, les deux autres membres ne devant pas bouger mais rester détendus. Seul le fait que la jambe et le bras opposé se lèvent ou pas en même temps était considéré, et non pas l'ampleur du mouvement. (3) *Second repos.* Ils reposaient les deux membres sur le sol, se détendant à nouveau. (4) *Second lever.* Les enfants devaient lever, cette fois-ci, le bras gauche et la jambe droite, de la même manière qu'en phase deux, les deux autres membres ne devant absolument pas bouger non plus. Puis, se détendant à nouveau sur le sol, ils devaient reproduire dix cycles du protocole. Le temps d'exécution n'avait pas d'importance, mais il fallait impérativement : (1) que les membres opposés se lèvent simultanément au signal, et que le bras et la jambe non concernés soient totalement détendus et (2) que les quatre membres soient aussi détendus que possible en phase de repos, mains relâchées, pieds tombant sur le côté. Les enfants étaient invités à lever bras et jambe opposés seulement après une détente réelle des membres.

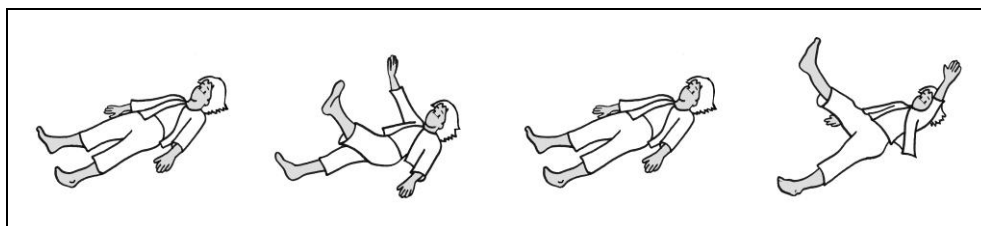


Fig.1. Mouvement HBDG allongé simple

Le mouvement HBDG allongé permettait d'observer de manière simple comment et quel hémisphère était utilisé d'un point de vue moteur quand l'enfant mobilisait l'un ou l'autre de ses membres, puisque l'hémisphère droit commande l'hémicorps gauche, tandis que l'hémisphère gauche commande l'hémicorps droit. Il était donc possible de voir s'il utilisait les deux hémisphères en même temps, s'il les utilisait l'un après l'autre et, dans ce cas, lequel était privilégié. Les enfants ont reçu une note de 0 à 3 suivant la manière dont ils exécutaient ce mouvement (cf. images des différentes exécutions ci-après) :

(0) *Mouvement HBDG bi-hémisphérique primaire* (Fig.2.). Après un entraînement très court - voire pas d'entraînement -, le mouvement était immédiatement juste et global. L'enfant parvenait à se détendre puis mobilisait sa jambe et son bras opposés, en même temps : il sollicitait un hémisphère pour le membre supérieur, et l'autre hémisphère pour le membre inférieur opposé, simultanément. Il travaillait d'emblée et en synchronicité, en une exécution, un travail « bi-hémisphérique primaire ».

(1) *Mouvement HBDG bi-hémisphérique secondaire stable* (Fig.3.). L'enfant levait d'abord le bras puis la jambe d'un même côté. La correction suivait rapidement : il reposait les deux membres, recommençait, le bras se soulevait en même temps que la jambe opposée. L'enfant utilisait donc un seul hémisphère de manière préférentielle, puis sollicitait le second, recommençait, et pour sa deuxième tentative utilisait les deux hémisphères en même temps. Le travail paraissait d'emblée « mono-hémisphérique », mais un travail « bi-hémisphérique secondaire » pouvait se faire, plus ou moins rapidement.

(2) *Mouvement HBDG bi-hémisphérique secondaire instable* (Fig.4.). L'enfant levait alternativement le bras et la jambe d'un même côté, puis le bras et la jambe opposés, sans parvenir à se stabiliser en un travail « bi-hémisphérique » stable.

(3) *Mouvement HBDG mono-hémisphérique*. Le mouvement demandé ne pouvait tout simplement pas être exécuté : seule la jambe et le bras d'un même côté bougeaient, ou les membres opposés ne s'activaient que l'un après l'autre. Le travail était « mono-hémisphérique » régulier (Fig.5.), irrégulier (Fig.6.) ou décomposé (Fig.7.), avec impossibilité totale d'un travail « bi-hémisphérique », même secondaire.

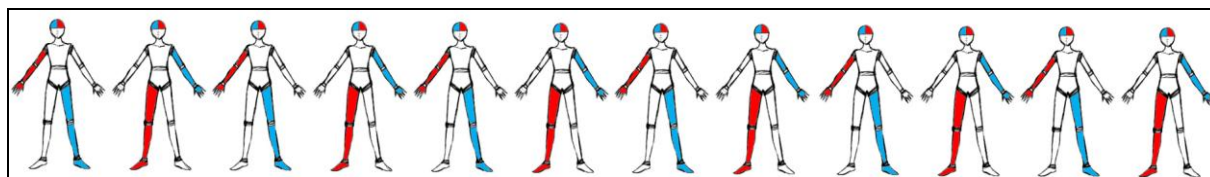


Fig.2. Mouvement HBDG bi-hémisphérique primaire, sans les temps de repos (0)

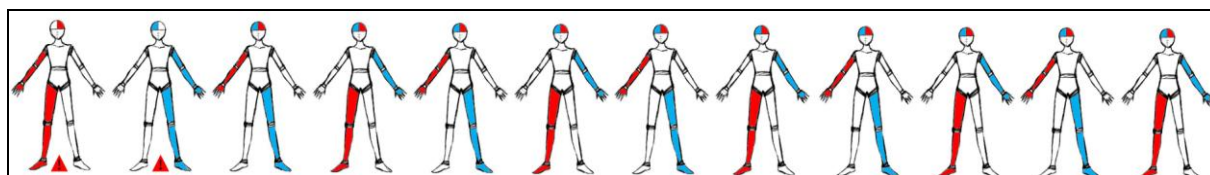


Fig.3. Mouvement HBDG bi-hémisphérique secondaire stable, sans les temps de repos (1)

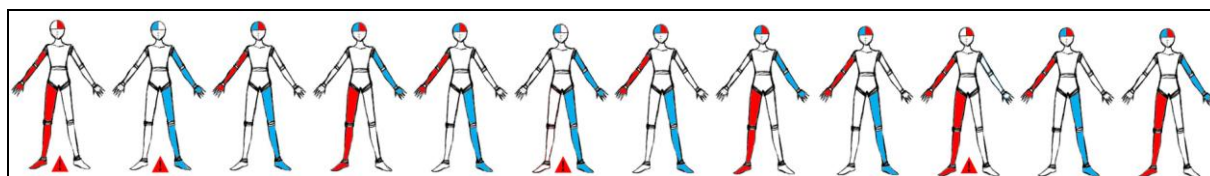


Fig.4. Mouvement HBDG bi-hémisphérique secondaire instable, sans les temps de repos (2)

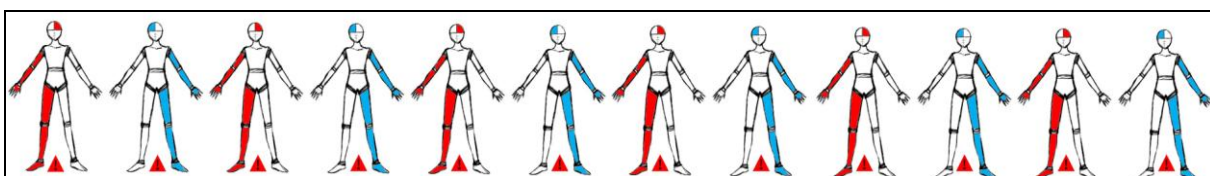


Fig.5. Mouvement HBDG mono-hémisphérique régulier, sans les temps de repos (3a)

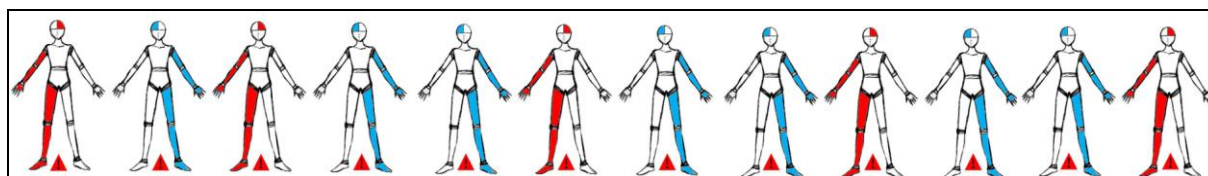


Fig.6. Mouvement HBDG mono-hémisphérique irrégulier, avec plus de levers gauches, sans les temps de repos (3b)

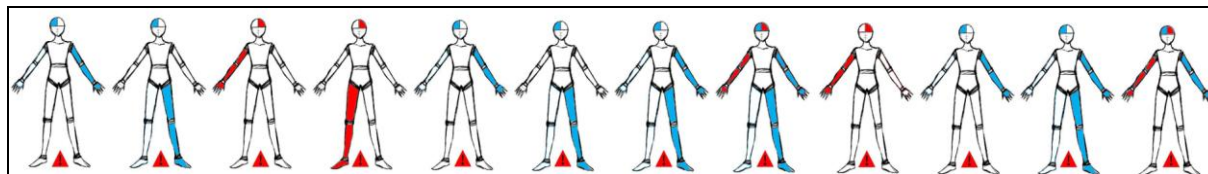


Fig.7. Mouvement HBDG mono-hémisphérique irrégulier et décomposé, avec plus de levers gauches, sans les temps de repos (3c)

2. Sautillement. Les élèves ont dû ensuite effectuer un sautaillement avec un rebond. Il s'agissait d'avancer en sautillant, en alternant les deux jambes, un genou se levant tandis que le pied de l'autre jambe rebondit une fois au sol. C'est le sautaillement classique des cours de récréation. Ce sautaillement devait produire une séquence sonore caractéristique régulière en trois temps dont seuls les deux premiers s'entendent. Le mouvement ne pouvait pas avoir plus de deux modalités d'exécution : soit il était réussi, les enfants sautillant plus ou moins élégamment, avec fluidité, - le sautaillement semblait automatisé -, soit il ne pouvait pas être exécuté, les enfants ne parvenant pas à rebondir, se trompant de jambe et présentant une démarche maladroite, mal coordonnée, avec des bras remuant en tous sens pour une meilleure maîtrise de l'équilibre. Les enfants ont reçu une note de 0 ou 1 suivant qu'ils parvenaient à un sautaillement automatisé avec un rebond sur chaque pied (0) ou qu'ils ne parvenaient pas à sautiller (1).

Le saut se met normalement en place aux alentours de quatre ans, mais chez les enfants présentant des troubles de l'acquisition de la coordination, par exemple, les apprentissages moteurs sont plus difficiles et souvent retardés (Hyde & Wilson, 2010) et les enfants mal coordonnés sautent de manière moins efficace que leurs camarades (Larkin & Hoare, 1992). Le sautaillement à simple rebond est donc utile pour mettre en lumière d'éventuelles différences de réalisations motrices entre les enfants. Il permet notamment d'évaluer facilement si l'enfant présente un déséquilibre entre son côté droit et son côté gauche, puisque chaque partie du sautaillement ne se fait que sur un seul pied, grâce à l'hémisphère contralatérale. Si le sautaillement est en place, fluide et harmonieux, les deux jambes ont une capacité équivalente à être mobilisées, si au contraire, le sautaillement est impossible ou mal coordonné, une différence entre la motricité des deux hémicorps, et par conséquent, entre les capacités d'intervention des deux hémisphères peuvent être ainsi mise en évidence.

3. Latéralités. Enfin, la présence de latéralités complexes a été recherchée, celle-ci étant classiquement retrouvée chez les personnes dyslexiques (Bender, 1935 ; Métellus, Sauvageot & Randianarisoa, 2001 ; Orton, 1925) : chaque latéralité droite de la main, de l'œil ou du pied a été notée 0, la gauche a été notée 1. La latéralité manuelle correspondait à la main qui tenait le stylo, la latéralité de l'œil a été recherchée en utilisant un carton troué que l'enfant tenait à deux mains et rapprochait de son œil directeur tout en fixant l'œil de l'examineur, la latéralité du pied a été déterminée par le pied qui frappait systématiquement une balle de jonglage roulant sur le sol et arrivant à équidistance des deux pieds.

Second temps de l'expérimentation

Dix-huit mois plus tard, soit en fin de GS et de CP, les enseignantes ont réalisé des évaluations pour chacun des élèves, afin d'appréhender les comportements susceptibles de poser des problèmes pour la mémorisation, l'acquisition des compétences ou la capacité à résoudre des problèmes. Selon des critères simples et partagés par tout le corps enseignant et conformément aux instructions officiels des programmes scolaires, cette évaluation du « métier de l'élève » permettait d'observer les attitudes fondamentales qui sont indispensables pour travailler et pour apprendre, ainsi que les résultats scolaires.

1. Attitudes scolaires. Tout d'abord, en ce qui concerne les attitudes scolaires, les enfants ont reçu une note de 0 à 3 pour leur stabilité physique en classe, suivant qu'ils étaient : calmes (0), moyennement calmes (1), agités (2) et très agités ou absents à ce qui les entoure (3). Ils ont reçu également des notes pour leur capacité de concentration sur leur propre travail ou lors des séances d'apprentissage collectives, suivant que leur concentration était : présente dès que nécessaire (0), moyennement présente (1), rare mais possiblement présente (2) ou impossible et jamais présente (3). Ils ont aussi été notés en fonction de leur capacité à répondre à leur prénom et à écouter les consignes, tout au long de la journée et quelque soit l'activité - en dehors de tout problème d'audition -, soit une écoute toujours présente (0), présente quelques fois (1), rarement présente (2) et jamais présente (3). L'autonomie dans le travail a reçu une note suivant que les enfants étaient capables de travailler seuls (0), avaient quelquefois besoin de l'aide de l'enseignante (1),

avaient fréquemment besoin de l'aide de l'enseignante (2) ou étaient incapables de travailler seuls (3). La rapidité pour travailler en classe a également été notée de 0 à 3 suivant que les enfants réalisaient leur travail : très rapidement (0), rapidement (1), lentement (2) ou très lentement (3). La nécessité d'une aide à la scolarité par des enseignants spécialisés et formés à la grande difficulté scolaire (pour la France, il s'agit des enseignants du RASED, le Réseau d'Aide Spécialisé aux Élèves en Difficulté) a également été notée suivant qu'elle était : inutile (0), peut-être utile (1), nécessaire (2) ou indispensable (3).

2. Résultats scolaires. Ensuite, les enseignantes ont évalué le travail des élèves, conformément aux programmes scolaires. En particulier, elles ont jugé les résultats dans trois domaines d'enseignement, en mathématiques, en lecture et en écriture. Pour chacun de ces trois domaines ou pour l'ensemble des résultats, elles ont attribué une note de 0 à 3 suivant que les résultats étaient, globalement, bons (0), moyens (1), insuffisants (2) ou très insuffisants (3), les enseignantes avaient la possibilité de donner une note moyenne, comme par exemple : 1,5 en cas d'une hésitation entre des résultats moyens et insuffisants. Ainsi, les résultats dans les activités liées à la lecture, aux mathématiques et à l'écriture ainsi que dans les résultats scolaires généraux ont tous été évalués selon une échelle identique.

Traitements des données

Les scores des différentes épreuves se trouvent en Annexe. Pour la première partie de l'étude, deux premières VD correspondent aux deux exercices de motricité : « type de mouvement HBDG » (« HBDG ») et « réussite au saut » (« Saut »). Trois VD correspondent aux latéralités de la main (« Main »), de l'œil (« Œil ») et du pied (« Pied »). Une autre VD, traduisant la combinaison des latéralités que présente les élèves (« CombiLat »), a été créée par l'addition des points donnés par les trois latéralités de la main, de l'œil et du pied, ce qui a permis d'attribuer à chaque enfant un « indice de latéralité complexe » [(0) toutes les latéralités sont à droite, (1) une seule des trois latéralités est à gauche, (2) deux latéralités sur trois sont à gauche]. Enfin, une dernière VD (« ScoreMotricité ») a été fabriquée par l'addition des scores de la latéralité, du mouvement HBDG et du saut.

Pour la seconde partie de l'étude, six premières VD correspondent aux aptitudes scolaires : « Stabilité », « Concentration », « Ecoute » (écoute du prénom et des consignes), « Autonomie », « Rapidité » et « AideSpécialisée » (nécessité d'une aide par des enseignants spécialisés). Les quatre suivantes correspondent aux évaluations faites par les enseignantes en mathématiques (« RésultMaths »), en écriture (« RésultEcrit »), en lecture (« RésultLect ») et pour l'ensemble du travail scolaire (« RésultScol »). Ensuite, la VD « score total enseignant » correspond au score fabriqué par l'addition de toutes les notes attribuées par les enseignantes aussi bien pour les attitudes que pour les résultats scolaires (« ScorEnseig »). Plus ce score était important, plus il traduisait l'importance de la difficulté comportementale et scolaire, globalement.

Pour bien appréhender le sens des résultats, il faut se souvenir que les épreuves ont toujours une évaluation inversée, contrairement à d'autres tests qui mesurent la réussite par un nombre de points élevés : ici, plus les scores sont importants et plus les enfants ont des attitudes contraires à l'apprentissage, de mauvais résultats scolaires ou de mauvaises performances dans les épreuves de motricité globale. Toutes les données ont été traitées à l'aide du logiciel Statistica® (StatSoft, 2005).

RESULTATS

Analyses de variance à un facteur.

1. Niveau. Le niveau de classe intervient très peu sur les résultats des différentes épreuves ($<N_2>$) : il a un effet significatif uniquement sur le saut ($F(1, 79) = 5.53, p < .02$). Les élèves de MS (1.43) réalisent moins bien le saut que les élèves de GS (0.69).

2. Genre. Le genre a un effet significatif sur quelques performances seulement, en faveur des filles ($<G_2>$) : celles-ci répondent mieux à leur prénom quand l'enseignant les appelle et écoutent mieux les consignes que les garçons (0.62 vs. 0.85 ; $F(1, 79) = 5.39, p < .02$). Elles écrivent également mieux (0.37 vs. 1.70) ($F(1, 78) = 15.07, p < .0002$). Le genre a également une influence sur l'indice de latéralité complexe : les filles, avec un indice moins élevé (0.50) que les garçons (0.82), ont globalement moins de latéralités à gauche que ces derniers ($F(1, 79) = 4.58, p < .03$) [Fille vs. Garçon : Main (0.10 vs. 0.09) ; Œil (0.30 vs. 0.51) ; Pied (0.50 vs. 0.82)].

3. Latéralités. Les latéralités de la main, de l'œil et du pied ont d'abord été étudiées chacune isolément, puis globalement. Les latéralités de la main et de l'œil n'ont que quelques influences significatives sur les attitudes d'apprentissage et peu sur les différents résultats scolaires, sauf en leur ensemble.

Les enfants gauchers manuels ont de moins bons résultats uniquement pour l'écriture ($<M_2>$) (1.85 vs. 0.67 ; $F(1, 79) = 9.92, p < .002$), pour l'ensemble des résultats scolaires (1.42 vs. 0.63 ; $F(1, 79) = 4.48, p < .03$) et pour le ScorEnseig (12.85 vs. 6.91 ; $F(1, 79) = 4.40, p < .03$).

Les enfants gauchers de l'œil ont également de moins bons résultats pour l'écriture ($<E_2>$) (1.05 vs. 0.57 ; $F(1, 79) = 4.85, p < .03$), pour la lecture (0.85 vs. 0.40 ; $F(1, 79) = 5.09, p < .02$) et pour le ScorEnseig (9.26 vs. 6.04 ; $F(1, 79) = 4.04, p < .04$).

Par contre, la latéralité du pied a une influence significative sur tous scores des attitudes et des résultats, sauf sur ceux de la stabilité : la moyenne des scores obtenues par les enfants gauchers du pied est systématiquement plus mauvaise que celles des enfants droitiers du pied ($<P_2>$) [gauchers vs. droitiers : concentration (1.38 vs. 0.61 ; $F(1, 79) = 8.95, p < .003$) ; écoute (1.38 vs. 0.52 ; $F(1, 79) = 12.60, p < .0006$) ; autonomie (1.30 vs. 0.52 ; $F(1, 79) = 5.93, p < .01$), rapidité (1.92 vs. 1.12 ; $F(1, 79) = 6.98, p < .009$), besoin d'une aide spécialisée (1.00 vs. 0.33 ; $F(1, 79) = 5.15, p < .02$), résultats en mathématiques (1.07 vs. 0.52 ; $F(1, 79) = 4.31, p < .04$), résultats en lecture (1.07 vs. 0.50 ; $F(1, 79) = 4.63, p < .03$), résultats en écriture (1.30 vs. 0.67 ; $F(1, 79) = 4.54, p < .03$) ; résultats scolaires (1.23 vs. 0.60 ; $F(1, 79) = 4.81, p < .03$) et ScorEnseig (13.00 vs. 6.36 ; $F(1, 79) = 10.00, p < .002$).

La figure ci-après montre les différents scores significatifs pour chacune des latéralités, séparément, l'échelle allant de 0 à 3 pour chacune des épreuves. Les enfants gauchers de la main, de l'œil ou du pied ont systématiquement de plus mauvais scores que les enfants droitiers : leurs résultats sont deux fois moins bons que ceux des droitiers, globalement. Il faut noter par ailleurs, le score particulièrement élevé de l'écriture pour les enfants gauchers manuels, et le score également très élevé de la rapidité, pour tous les enfants, même s'il l'est encore plus pour les enfants gauchers du pied.

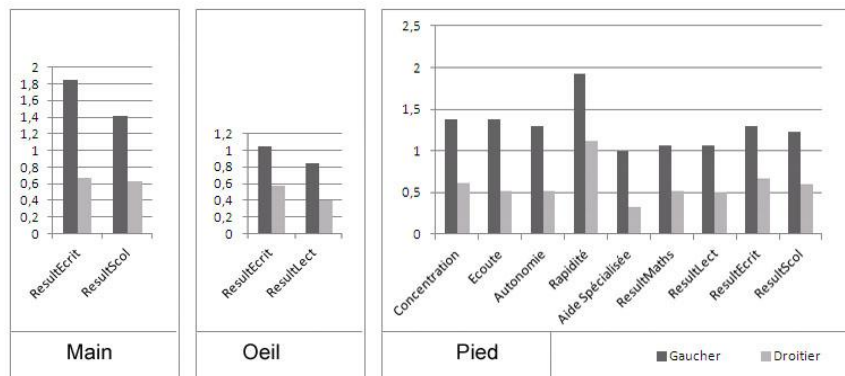


Fig 8. Scores significatifs des attitudes et des résultats scolaires pour les latéralités

Ensuite, la combinaison des latéralités a été étudiée : sauf encore pour la stabilité, elle exerce une influence significative sur toutes les attitudes scolaires ($<C_3>$) [2 latéralités à gauche vs. 1 seule latéralité à gauche vs. pas de latéralité à gauche : concentration (1.27 vs. 1.00 vs. 0.68 ; $F(2, 78) = 7.84, p < .0007$) ; écoute (1.36 vs. 0.71 vs. 0.42 ; $F(2, 78) = 5.99, p < .003$) ; autonomie (1.63 vs. 0.59 vs. 0.52 ; $F(2, 78) = 6.23, p < .003$) ; rapidité (2.09 vs. 1.31 vs. 1.05 ; $F(2, 78) = 5.46, p < .005$) ; aide spécialisée (1.27 vs. 0.34 vs. 0.28 ; $F(2, 78) = 4.94, p < .009$).

La combinaison des latéralités exerce également une influence significative sur tous les résultats scolaires ($<C_3>$) [RésultatMaths (1.27 vs. 0.62 vs. 0.42 ; $F(2, 78) = 4.23, p < .01$) ; RésultatLect (1.45 vs. 0.56 vs. 0.36 ; $F(2, 78) = 7.11, p < .001$) ; RésultatÉcrit (1.90 vs. 0.75 vs. 0.47 ; $F(2, 78) = 11.01, p < .00006$) ; RésultatScol (1.63 vs. 0.68 vs. 0.44 ; $F(2, 78) = 7.49, p < .001$) ; ScorEnseig (15.45 vs. 7.40 vs. 5.13 ; $F(2, 78) = 10.54, p < .00008$).

Les élèves possédant deux latéralités à gauche ont toujours de plus mauvais scores que les élèves possédant une seule latéralité à gauche, ces derniers ayant eux-mêmes de plus mauvais scores que les élèves ne présentant que des latéralités à droite : plus les élèves possèdent de latéralités à gauche, plus leurs scores sont élevés, plus leurs résultats scolaires sont mauvais et plus ils sont démunis des attitudes favorables à l'apprentissage. Les scores significatifs en fonction de la combinaison des latéralités sont mis en évidence dans la figure ci-dessous : les différentes moyennes sont à chaque fois plus élevée à mesure que les enfants possèdent plus de latéralités à gauche. À gauche, chaque épreuve est notée de 0 à 3 ; à droite, la note maximale possible, puisque globale, est de 30.

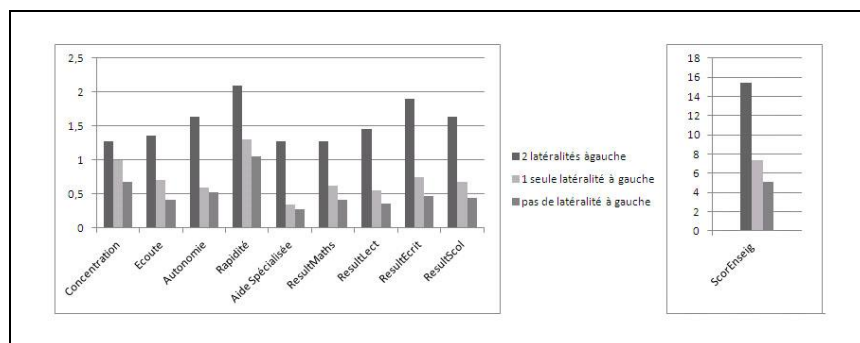


Fig 9. Moyennes significatives des attitudes, des résultats scolaires et de la note totale délivrée par les enseignants

T de Student

Afin de mieux évaluer comment le fait de posséder deux ou une seule latéralité à gauche ou pas de latéralité à gauche a un impact sur les différents résultats, les *t* de Student ont été calculés entre les moyennes des résultats scolaires des trois groupes définis par le nombre de latéralité à gauche. L'écart des scores de ces résultats entre les élèves possédant deux latéralités à gauche avec les élèves n'en possédant qu'une (1.63 vs. 0.68 ; $t(41) = 2.76$; $p < .008$) ou n'en possédant pas (1.63 vs. 0.44 ; $t(47) = 3.86$; $p < .0003$) est nettement plus important et significatif que l'écart entre les scores des résultats scolaires des élèves possédant une seule latéralité à gauche et ceux n'en possédant pas ($t(68) = 1.18$; *ns*). Pour voir si ce pattern de différences se retrouve dans l'ensemble des épreuves, tous les *t* de Student ont été calculés. Le tableau ci-dessous montre les moyennes des trois groupes ainsi que les différences entre les groupes, comparés deux à deux. Il n'y a pas de différences significatives entre les groupes en ce qui concerne la stabilité. Ensuite, sauf pour les résultats en mathématiques, quelques soient les épreuves, toutes les différences entre le groupe des élèves possédant deux latéralités et les deux autres groupes, à une ou sans latéralité à gauche, sont significatives. Enfin, aucune différence significative n'existe entre les moyennes des enfants possédant une seule ou pas de latéralité à gauche. Le pattern de différence se retrouve donc pour toutes les attitudes et les résultats scolaires, sauf pour la stabilité et les mathématiques.

Tableau 1. Comparaison des différentes moyennes en fonction du nombre de latéralité à gauche

	2 latéralités à gauche	1 latéralité à gauche	pas de latéralité à gauche	Différence entre 2 latéralités à gauche et 1 latéralité à gauche			Différence entre 2 latéralités à gauche et pas de latéralité à gauche			Différence entre 1 latéralité à gauche et pas de latéralité à gauche		
	Moyenne	Moyenne	Moyenne	<i>t</i>	dl	<i>p</i>	<i>t</i>	dl	<i>p</i>	<i>t</i>	dl	<i>p</i>
Stabilité	1,27	1,00	0,64	<i>ns.</i>	-	-	<i>ns.</i>	-	-	<i>ns.</i>	-	-
Concentration	1,54	0,81	0,44	2,20	41	.03	4,14	47	.0001	<i>ns.</i>	-	-
Ecoute	1,36	0,71	0,42	2,05	41	.04	3,45	47	.001	<i>ns.</i>	-	-
Autonomie	1,63	0,59	0,52	3,01	41	.004	3,27	47	.001	<i>ns.</i>	-	-
Rapidité	2,09	1,31	1,05	2,15	41	.03	3,52	47	.0009	<i>ns.</i>	-	-
AideSpécialisée	1,27	0,34	0,28	2,52	41	.01	2,90	47	.005	<i>ns.</i>	-	-
RésultatMaths	1,27	0,62	0,42	<i>ns.</i>	-	-	2,86	47	.006	<i>ns.</i>	-	-
RésultatLect	1,45	0,56	0,36	2,70	41	.009	3,75	47	.0004	<i>ns.</i>	-	-
RésultatEcrit	1,90	0,75	0,47	3,24	41	.002	5,05	47	.000007	<i>ns.</i>	-	-
RésultatScol	1,63	0,68	0,44	2,76	41	.008	3,86	47	.0003	<i>ns.</i>	-	-
ScoreEnseig	15,45	7,40	5,13	3,10	41	.003	4,35	47	.00007	<i>ns.</i>	-	-

Il y a donc bien un véritable écart entre les élèves possédant deux latéralités à gauche et les élèves n'en possédant qu'une ou n'en possédant pas. Excepté encore pour la stabilité, plus les élèves présentent de latéralités à gauche, plus leurs attitudes d'apprentissages sont insuffisantes et plus leurs résultats scolaires sont médiocres. Plus encore que chaque latéralité séparée, du moins pour la main et l'œil, c'est surtout la combinaison des latéralités, et précisément le nombre des latéralités à gauche, avec une importance particulière du pied gauche, qui exerce une influence sur les différents scores, comportementaux et scolaires.

Analyses de corrélation (rhô de Spearman)

Ensuite, pour répondre à l'hypothèse qui postulait que les élèves qui obtiendraient les plus mauvais scores dans les exercices de coordination seraient ceux qui se révéleraient les plus en difficulté en classe, des analyses de corrélation ont été effectuées entre les différents scores. Le tableau suivant montre les corrélations qu'entretiennent entre elles les différentes attitudes et les résultats scolaires, avec $p < .05$; $N = 81$.

Tableau 2. Corrélations entre les attitudes et les résultats scolaires

	Stabilité	Concen- tration	Ecoute	Auto- nomie	Rapi- dité	Aide Spé	Résult Maths	Résult Lect	Résult Ecrit	Résult Scol	Scor Enseig
Stabilité	1.00	.67	.54	-	-	-	-	-	.41	.27	.46
Concentration		1.00	.75	.54	.34	.54	.51	.54	.61	.66	.80
Ecoute			1.00	.58	.38	.57	.56	.58	.63	.68	.81
Autonomie				1.00	.63	.79	.71	.79	.60	.82	.86
Rapidité					1.00	.48	.48	.51	.33	.52	.61
Aide Spé						1.00	.72	.77	.52	.83	.83
RésultatMaths							1.00	.74	.51	.81	.80
RésultatLect								1.00	.59	.85	.84
RésultatEcrit									1.00	.68	.77
RésultatScol										1.00	.92
ScorEnseig											1.00

1. Corrélations entre les attitudes scolaires. La concentration, l'écoute du prénom et des consignes, l'autonomie, la rapidité et la nécessité d'une aide spécialisée sont toutes corrélées plus ou moins fortement les unes avec les autres ($.34 < r < .79$; moyenne des corrélations : .56). A part pour la stabilité [seulement corrélée avec la concentration ($r = .67$) et l'écoute ($r = .54$)], globalement, plus leurs scores dans l'une des attitudes scolaires (concentration, écoute, autonomie, rapidité ou besoin d'aide) sont élevés - et donc mauvais -, plus les élèves ont également de mauvais scores dans les autres attitudes scolaires. Ainsi, par exemple, les enfants qui ont le plus du mal à se concentrer sur leur travail,

ont également plus de risques de ne pas entendre leur prénom et de ne pas écouter les consignes ($r = .75$), de manquer d'autonomie dans leur travail ($r = .54$), d'être lents pour accomplir leurs tâches ($r = .34$) et d'avoir besoin d'une aide spécialisée ($r = .54$) : les enfants qui ont des difficultés à intégrer l'une ou l'autre des attitudes qui lui serait utile pour bien travailler, ont plus de risques que les autres de ne pas posséder aussi une autre attitude scolaire indispensable pour bien travailler en classe.

2. Corrélations entre les résultats scolaires. Les scores de tous les résultats (mathématiques, lecture, écriture, RésultScol et ScorEnseig) sont tous corrélés entre eux ($.51 < r < .92$; moyenne : $.75$) : les élèves ayant de mauvais résultats dans l'une des disciplines scolaires ont plus de risques d'avoir également de mauvais résultats dans une autre discipline scolaire, et dans l'ensemble de leur travail.

3. Corrélations entre les attitudes et les résultats scolaires. Presque toutes les attitudes pour le travail sont corrélées aux résultats scolaires. La stabilité est corrélée avec les résultats en écriture ($r = .41$), les résultats scolaires ($r = .27$) et le ScorEnseig ($r = .46$), seulement. Par contre, la concentration, l'écoute du prénom et des consignes, l'autonomie, la rapidité et la nécessité d'une aide spécialisée sont corrélées avec les scores des résultats en lecture, en mathématiques, en écriture, et avec ceux des résultats du travail scolaire en général et du ScorEnseig ($.33 < r < .86$; moyenne des corrélations : $.65$). Les élèves ayant de mauvais scores dans l'une des attitudes nécessaires aux apprentissages ont plus de risques d'avoir de mauvais résultats scolaires, globalement, ou pour les mathématiques, la lecture ou l'écriture séparément, et inversement, plus ils ont de mauvais résultats dans l'une ou l'autre des matières scolaires, plus ils ont de risques de présenter des comportements peu adaptés à l'apprentissage.

4. Corrélations entre le sauttillement, le mouvement HBDG, le score de motricité globale et les attitudes et les résultats scolaires. Les scores des attitudes et des résultats scolaires avec ceux du sauttillement, du mouvement HBDG et de la motricité globale sont également presque tous corrélés les uns avec les autres. Le tableau ci-dessous présente les corrélations significatives, avec $p < .05$; $N = 81$.

Tableau 3. Corrélation du sauttillement, du mouvement HBDG et de la motricité globale avec les attitudes et des résultats scolaires.

	Sauttillement	Mouvement HBDG	Score Motricité
Stabilité	-	-	.27
Concentration	.39	.30	.56
Ecoute	.29	.26	.45
Autonomie	.27	.44	.51
Rapidité	-	.36	.40
Aide Spécialisée	.31	.29	.44
RésultMaths	.32	.34	.49
RésultLect	.34	.38	.54
RésultEcrit	.37	.23	.52
RésultScol	.42	.37	.59
ScorEnseig	.40	.40	.62

Le sauttillement est corrélé à la plupart des attitudes et résultats scolaires : les enfants qui parviennent à exécuter le sauttillement de manière fluide et automatisés ont plus de chance de posséder des attitudes utiles aux apprentissages et d'avoir de meilleurs résultats scolaires.

Le mouvement HBDG est également corrélé avec toutes les attitudes, sauf avec la stabilité : les élèves qui parviennent à réaliser correctement le mouvement HBDG, ont plus de chances d'obtenir de bons scores dans les attitudes d'apprentissage et d'avoir de meilleures performances en classe.

Enfin, le score de motricité (ScoreMotricité), créé par l'addition des scores de la latéralité, du mouvement HBDG et du sauttillement est corrélé à toutes les attitudes et résultats scolaires. Les enfants réussissant mieux les exercices de motricité (mouvement HBDG et sauttillement), avec un indice de latéralité bas traduisant la plus grande présence de latéralités droites, ont plus de chances de présenter des attitudes scolaires adaptées à l'apprentissage et d'avoir de meilleurs résultats en classe.

Analyses de régression

Afin d'apprécier le pouvoir prédictif des latéralités, du mouvement HBDG, du sauttillement et de la motricité globale, des régressions linéaires simples ont été effectuées sur les scores des attitudes et des résultats scolaires. La statistique F a été utilisée pour vérifier la significativité des coefficients de régression. Les deux tableaux ci-dessous présentent tous les pourcentages significatifs de variance expliquée des analyses de régression pour mieux les comparer. Il donne également le coefficient β ainsi que la statistique F , la probabilité allant de $.04$ à $.000000$.

La latéralité de la main et de l'œil ne prédisent que quelques attitudes et résultats scolaires, en revanche, la latéralité du pied, le permet : la latéralité du pied est un prédicateur significatif pour l'ensemble des résultats scolaires (5.74 %) et des attitudes (13.32 %), sauf pour la stabilité. Le pouvoir prédictif de l'indice de latéralité, correspondant à la combinaison des latéralités de la main, de l'œil et du pied, est légèrement plus intéressant que celui de la seule latéralité du pied, pour les résultats scolaires (13.35 %) comme pour les attitudes (16.56 %), stabilité encore exceptée.

Tableau 4. Pourcentage de variance expliquée des scores des attitudes et des résultats scolaires par les latéralités de la main, de l'œil, du pied et par la latéralité globale.

	Latéralité de la main			Latéralité de l'œil			Latéralité du pied			Latéralité globale		
	%	β	$F(1,79)$	%	β	$F(1,79)$	%	β	$F(1,79)$	%	β	$F(1,79)$
Stabilité	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Concentration	-	-	-	4.90	.221	4.07	10.18	.319	8.95	15.85	.398	14.89
Ecoute	-	-	-	-	-	-	13.76	.370	12.60	12.45	.352	11.24
Autonomie	-	-	-	-	-	-	6.98	.264	5.93	8.93	.298	7.74
Rapidité	-	-	-	-	-	-	8.12	.285	6.98	10.81	.328	99.58
Aide Spécialisée	-	-	-	-	-	-	6.12	.247	5.15	7.21	.268	6.13
Toutes attitudes	-	-	-	-	-	-	13.32	.364	12.14	16.56	.407	15.68
RésultMaths	-	-	-	-	-	-	5.18	.227	4.31	8.51	.291	7.35
RésultLect	-	-	-	6.05	.246	5.09	5.54	.235	4.63	12.35	.351	11.13
RésultEcrit	11.15	.334	9.92	5.78	.240	4.85	5.43	.233	4.54	8.51	.291	7.35
RésultScol	5.37	.231	4.48	-	-	-	5.74	.239	4.81	13.35	.365	12.17
ScorEnseig	5.27	.229	4.40	5.06	.224	4.21	11.23	.335	10.00	18.05	.424	17.40

Tableau 5. Pourcentage de variance expliquée des scores des attitudes et des résultats scolaires par le sautillement, le mouvement HBDG et le Score de motricité.

	Sautillement			Mouvement HBDG			Score Motricité		
	%	β	$F(1,79)$	%	β	$F(1,79)$	%	β	$F(1,79)$
Stabilité	-	-	-	-	-	-	7.24	.269	6.17
Concentration	15.56	.394	14.56	7.10	.266	6.04	30.99	.556	35.47
Ecoute	8.65	.294	7.48	5.21	.228	4.34	20.38	.451	20.22
Autonomie	7.45	.272	6.35	16.95	.411	16.12	25.60	.505	27.18
Rapidité	-	-	-	9.18	.303	7.98	16.32	.404	15.41
Aide Spécialisée	11.83	.344	10.60	4.80	.219	3.98	19.98	.447	19.73
Toutes attitudes	13.74	.370	12.58	11.21	.334	9.98	33.77	.581	40.29
RésultMaths	10.47	.323	9.24	9.49	.308	8.28	23.86	.488	24.76
RésultLect	11.43	.338	10.20	11.98	.346	10.75	28.81	.536	31.98
RésultEcrit	14.00	.374	12.87	-	-	-	26.61	.515	26.61
RésultScol	17.43	.417	16.68	11.43	.338	10.19	35.34	.594	43.18
ScorEnseig	16.47	.405	15.58	12.17	.348	10.93	38.08	.617	48.59

Le sautillement à simple rebond permet également d'expliquer la variance des scores des résultats scolaires (17.43 %) et de ceux des attitudes (13.74 %), exception faite pour la stabilité et la rapidité. Le mouvement HBDG permet, lui aussi, d'expliquer la plupart de la variance des scores des résultats scolaires (11.43 %), sauf pour l'écriture, et de ceux de comportements (11.21 %) mais son pouvoir prédictif est plus faible que celui du sautillement.

Enfin, le score de la motricité globale (ScoreMotricité), résultant de l'addition des scores de l'indice des latéralités, du sautillement et du mouvement HBDG, prédit significativement toutes les attitudes et tous les résultats scolaires que les élèves obtiendront dix-huit mois plus tard. En effet, seul ce score, réunissant ensemble l'indice des latéralités et les deux exercices de motricité, permet de prédire de manière significative, avec un effet moyen à fort, l'ensemble des attitudes nécessaires à l'apprentissage (33.77 %) et l'ensemble des résultats scolaires (35.34 %), sans aucune exception, ainsi que les performances dans les trois domaines fondamentaux [mathématique (23.86 %), lecture (28.81 %) et écriture (26.61 %)].

DISCUSSION

L'objectif premier de l'expérimentation était de vérifier, en accord avec les données de la littérature (Geuze *et al.*, 2001 ; Missiuna *et al.*, 2007), si les élèves obtenant les plus mauvais scores aux exercices de motricité obtiendraient également de mauvais résultats scolaires. Les résultats corroborent cette hypothèse puisque les corrélations entre items comportementaux et items de motricité, tout comme les corrélations entre items des résultats scolaires et items de motricité sont positives et significatives.

Les corrélations des différentes attitudes scolaires entre elles et les corrélations des différentes attitudes scolaires avec les résultats scolaires confirment un tableau comportemental global peu propice aux apprentissages, et retrouvé habituellement par tous les enseignants et par les chercheurs qui étudient la prédiction de la réussite scolaire (Blair & Razza, 2007 ; Cardin *et al.*, 2011 ; Duncan *et al.* 2007). Seuls les scores de la stabilité ne corrélaient pas avec tous les items d'attitudes et de résultats, peut-être parce que les enfants sont susceptibles de présenter une agitation excessive

pour de nombreuses raisons, comme l'ennui, le manque de motivation, la mésentente avec l'enseignant, les problèmes affectifs, etc. De plus, la différence entre « calme » et « absent » n'est peut-être pas assez nette chez certains enfants, et cela a pu entraîner une mauvaise évaluation. La stabilité, évaluée par une échelle allant de calme à très agité, est donc ici un indice peu parlant, et nécessiterait peut-être d'être découpé en sous-items plus précis. Par ailleurs, il faut remarquer le statut particulier de l'item de la rapidité : s'il corrèle significativement avec les attitudes et les résultats scolaires, ses scores sont particulièrement élevés pour tous les élèves (Fig. 2), ce qui pourrait s'expliquer soit par une trop grande distractions des enfants, soit traduire le fait que les programmes scolaires auxquels sont soumis ces enfants leur demandent une rapidité que beaucoup peinent à obtenir, même avec de moyens ou de bons résultats.

Par ailleurs, les différences des résultats en mathématiques entre les élèves possédant une et deux latéralités à gauche ne sont pas significatives, ce qui est certainement dû au statut particulier des activités mathématiques dans les petites classes du primaire. En effet, les activités mathématiques de maternelle et de CP font majoritairement appel à du visuo spatial et donc vraisemblablement à des zones cérébrales plutôt situées sur l'hémisphère droit, ce qui pourrait conforter l'hypothèse d'un mode droit privilégié chez les enfants en difficulté. Par contre, dans les grandes classes du primaire, les mathématiques font davantage appel au langage et au raisonnement logique que dans les petites classes, ce qui peut expliquer pourquoi les enfants les plus jeunes sont presque toujours adressés aux enseignants spécialisés pour des problèmes de lecture et d'écriture, alors que les enfants de CM se partagent davantage entre difficultés en mathématique et en littérature.

Le niveau de classe n'intervient pas dans les résultats, ce qui était attendu, les enseignantes ayant évalué les comportements et les résultats selon les programmes scolaires et ce qui est exigé pour chaque niveau de classe. Le sautillerment seul est sensible à l'âge, conformément à leur jeune âge et à leur stade développemental. Il donne une information intéressante sur le niveau de coordination et de maturité atteint par les enfants. En revanche, puisque le niveau scolaire n'intervient pas sur la réussite du mouvement HBDG, qui peut être réussi en moyenne section, cela signifie que celui-ci est maîtrisable avant et qu'il offre une indication précieuse sur les capacités de coordination des élèves. Ces deux exercices mettent en lumière, au moins sur un plan moteur, comment les enfants sollicitent leur deux hémisphères cérébraux, et pourraient donner des indications indirectes sur la qualité du transfert interhémisphérique et de l'efficacité des commissures interhémisphériques, et donc en particulier du corps calleux, tout comme les autres méthodes d'exploration indirecte telles la tachistoscopie, la présentation en champ visuel divisé, ou l'écoute dichotique.

Le genre intervient globalement peu dans les résultats, mais le fait que les filles répondent à leur prénom, qu'elles écoutent les consignes, et qu'elles écrivent, mieux que les garçons, pourrait traduire une latéralité hémisphérique gauche plus fréquente chez elles, ce que semble confirmer leur indice de latéralité moins élevé. Ceci semble en accord avec l'hypothèse de Geswind et Galaburda (1987) qui suppose dans la dyslexie un défaut de latéralisation et un trouble de la maturation axonale par un excès de testostérone qui pourrait intervenir dans la mise en place de la spécialisation hémisphérique, à un moment critique de la gestation. Par ailleurs, cette étude confirme la présence remarquable des latéralités complexes chez les enfants les plus en difficulté (Lerbet, 1965 ; Métellus, Sauvageot & Randianarisoa, 2001). Le fait de posséder une ou deux latéralités gauches pourrait avoir une influence significative sur les comportements et les résultats scolaires, non pas isolément, mais en présence d'un corps calleux inefficace. Cette présence des latéralités complexes, capables de prédire les attitudes et les résultats scolaires, ainsi que l'observation de l'écriture des enfants en difficulté, invitent à s'interroger sur la prédominance de latéralité gauche du pied chez ces élèves et pose la question de la réelle proportion d'enfants droitiers manuels : il pourrait y avoir beaucoup plus de gauchers authentiques que les chiffres habituellement avancés, sachant, par ailleurs, que ce n'est pas parce que l'enfant écrit d'une main que cela donne sa véritable latéralité (Bryden, 1982 ; Habib & Robichon, 1999). Il est possible que l'école surconditionne l'écriture de la main droite, à un moment où la latéralité n'est pas forcément établie et la plasticité cérébrale encore très importante, ce qui oblige peut-être nombre d'enfants à devenir droitier manuel alors qu'ils auraient dû devenir gaucher naturellement. Il ne s'agirait pas d'une gaucherie contrariée, née de l'interdiction d'utiliser une latéralité définitivement établie, mais d'une mise en place forcée de la dominance manuelle droite, non prévue à l'origine. En effet, il est couramment préconisé aux parents comme aux enseignants de donner le crayon à droite, systématiquement, en cas d'incertitude et un enfant peut devenir droitier par simple imitation du modèle parental (Harkins & Uzgis, 1991). Par ailleurs, encore aujourd'hui dans de nombreuses cultures, la main gauche est souvent déconsidérée (De Agostini & Doyen, 2005 ; Fagard & Dahmen, 2004) et il est parfois difficile aux enseignants de faire admettre à certains parents la latéralité manuelle gauche de leur enfant. Ce qui invite encore à s'interroger sur la véritable proportion d'enfants gauchers est le phénomène du transfert des habitudes manuelles gauches vers la main droite à mesure que les enfants grandissent (Gesel, 1952 ; Lebert, 1965), comme si au départ, beaucoup étaient latéralisés à gauche naturellement, la scolarité et les différents apprentissages les obligeant à développer une dextralité manuelle, tandis que les latéralités de l'œil et du pied demeurent relativement inchangées (Harris, 1961 ; Hildreth, 1949). De plus, avant l'âge de l'écriture, la majorité des enfants tourne leurs ronds en sens horaire, ce qui traduit une dominance cérébrale droite, au moins pour le tracé (Sallagoity, 2001, 2004) : chez les enfants de Maternelle, le sens du rond et des boucles se fait essentiellement de manière horaire et s'inverse chez les enfants du Primaire, l'apprentissage de l'écriture manuscrite obligeant des sens de rotation antihoraire (Meulenbroek, Vinter & Mounoud, 1993) : même entraîné, cet apprentissage antihoraire ne serait pas stable (Thomassen & Teulings, 1979). L'écriture latine exerce donc une contrainte très forte, d'un point de vue moteur, contre le sens naturel de rotation que possède l'enfant, si celui-ci est horaire. Il pourrait y avoir une non-

adéquation de leur physiologie originelle à l'exigence graphique de l'écriture romaine, ce qui est d'ailleurs illustré par le score particulièrement élevé de l'écriture pour les enfants gauchers manuels dans l'expérimentation présentée ici. Plus les enfants présentent de latéralités à gauche, plus ils ont du mal à acquérir des comportements adaptés à l'apprentissage et à obtenir de bons résultats scolaires : l'installation d'une latéralité manuelle non prévue à la naissance pourrait obliger des transferts interhémisphériques plus complexes et plus lents, avec des temps de réponses supérieurs aux exercices, ainsi qu'un traitement de l'information moins rapide, dans le cas d'un corps calleux insuffisamment performant. Ainsi un enfant, travaillant préférentiellement avec l'hémisphère droit, gaucher du pied et de l'œil, et faux droitier manuel, pourrait avoir plus de mal à accéder aux ressources de son hémisphère gauche, en cas d'inefficience de la transmission inter-hémisphérique. Cela pourrait empêcher l'acquisition des automatisations et concourir à alimenter des pathologies telles que la dysgraphie et la dyslexie. En constatant qu'il est impossible de faire tourner en même temps et rapidement un pied et une main d'un même hémicorps en sens contraire et en se souvenant de la proximité des zones cérébrales qui régissent leur motricité, il semble étrange que les latéralités de la main et du pied ne soient pas naturellement identiques, à la base. C'est peut-être le milieu familial ou scolaire qui pousse l'enfant à devenir droitier ou gaucher manuel dans une latéralité d'usage contraire à la latéralité d'origine. Déterminer très tôt la latéralité unimanuelle de l'enfant par le pédiatre, avant un an, ou plus tard par des examens électro-physiologiques, des épreuves d'adiadocosynésies (difficulté pour exécuter rapidement des mouvements alternatifs) ou des épreuves de réflexes (rattrapages d'objets, saisis d'une main par l'autre, etc.) et corriger si besoin la latéralité d'usage pourrait peut-être lui permettre de mieux écrire, de travailler plus rapidement et d'éviter des surcharges cognitives. Plus que la préférence d'une latéralité pour une tâche, c'est plutôt l'efficacité réelle de la main qui compte, grâce à l'étude de la rapidité de la précision ou de la force qu'elle peut avoir (Habib & Robichon, 1999). Réapprendre à écrire de la main gauche pourrait probablement permettre une meilleure écriture aux enfants dysgraphes possédant une latéralité gauche de l'œil et du pied et présentant des sens d'exécution liés à une commande cérébrale droite, et inversement, pour les enfants possédant des latéralités contraires, car il existe aussi de faux gauchers chez les enfants qui présentaient jeune une ambidextralité.

Le second objectif de l'expérimentation était de mettre en évidence des éléments permettant d'avancer vers une plus grande compréhension du phénomène dys : que les attitudes scolaires et que les résultats soient si clairement corrélés aux exercices de coordination globale et à la possession d'une ou de deux latéralité à gauche pourraient ne pas être une simple coïncidence, mais être l'expression d'une problématique de dyscoordination globale sous-jacente chez la plupart des enfants les plus faibles. En particulier, cette étude confirme l'hypothèse selon laquelle les élèves les plus en difficulté en lecture et en écriture, présentent plus de latéralité à gauche que les élèves en réussite, ce qui pourrait bien aller aussi dans le sens de l'hypothèse du transfert interhémisphérique, avec des enfants ayant peut-être plus de mal à utiliser les ressources de leur hémisphère gauche où sont principalement situées les aires du langage. Mais ces élèves ne sont pas en difficulté en lecture et en écriture seulement, ils le sont aussi pour l'ensemble de leur travail, ce qui implique sans doute un statut remarquable de ces troubles de la coordination. La question - fondamentale - est de comprendre de manière plus approfondie le statut de ces troubles afin de savoir s'ils sont simplement comorbides aux troubles des apprentissages, et dans ce cas pourquoi apparaissent-ils si souvent, ou au contraire s'ils participent puissamment à ces troubles car traduisant une réelle insuffisance de transfert interhémisphérique. L'observation des élèves en difficulté met en évidence un ensemble de traits constants, remarquables, prévisibles, expliqué par l'hypothèse calleuse : pour les mouvements HBDG, par exemple, le fait qu'un enfant ne parvienne pas à lever la jambe droite, alors qu'il parvient à lever la jambe gauche sans hésitation pourrait montrer qu'il a du mal à utiliser son hémisphère gauche, alors qu'il semble le faire plus facilement avec le droit, qui pourrait être celui qui ordonne les mouvements à l'ensemble du corps dès l'ordre reçu de l'enseignant. Pour certains enfants, il est totalement impossible de lever ensemble les deux membres opposés : ils semblent présenter un fonctionnement uniquement « mono-hémisphérique ». Si ce fonctionnement « mono-hémisphérique » s'étend des activités de coordination motrice aux activités cognitives, il peut être compréhensible que l'enfant ait des difficultés à réaliser ces deux types d'activités. De même, l'observation des sautilllements, non rapportée statistiquement ici, montrait que les enfants les plus en difficulté parvenaient mieux à rebondir avec la jambe gauche, commandée par le cerveau droit, qu'avec la jambe droite, sous dominance du cerveau gauche. Les enfants pourraient avoir du mal à utiliser certaines portions du corps calleux, ce qui induirait le retard ou l'impossibilité à mobiliser le membre lié à l'hémisphère non dominant, le corps calleux défaillant ne serait alors pas en mesure de permettre une bonne coopération des deux hémisphères ainsi que le suggère Bloom et Hynd (2005) ou Cook (1986). Cette défaillance pourrait agir non seulement dans le domaine moteur, mais aussi dans le domaine cognitif, ce qui expliquerait pourquoi des enfants atteints d'une dyslexie phonologique ont de meilleures réussites quand ils répondent avec la main gauche, contrairement aux normaux lecteurs (Badzakova-Trajkov *et al.*, 2005). L'hypothèse calleuse pourrait également expliquer pourquoi ces enfants préfèrent les activités faisant plus appel à la sphère visuelle qu'à la sphère auditive et pourquoi ils ne paraissent pas entendre leur prénom ni les consignes orales, s'ils privilégient l'hémisphère droit. Leur agitation excessive ou leur apathie exagérée, plus présente chez les enfants dyslexiques ou dys que dans la population standard, pourrait également être due à une interaction dynamique déséquilibrée entre les deux hémisphères et à une faible régulation des fonctions attentionnelles, par défaut d'inhibition de l'hémisphère gauche sur le droit (Banich & Belger, 1990 ; Liederman, 1998), ce qui pourrait expliquer les faibles scores en concentration et en autonomie.

Bien qu'il ne soit pas encore possible de savoir de manière absolument certaine à travers cette expérience, en l'absence d'imagerie médicale, si ces troubles de la coordination sont bien dus à une déficience calleuse, et s'ils ont un lien véritable avec les difficultés ou les troubles d'apprentissage, il pourrait s'agir là, cependant, d'une piste de recherche intéressante. Au moins sur un plan moteur, si les deux exercices de motricité proposés parviennent à mettre en évidence l'utilisation différentielle des hémisphères cérébraux, ce qui implique nécessairement l'emploi du corps calleux ou des autres commissures interhémisphériques - chaque membre sollicitant l'utilisation de l'hémisphère cérébral opposé - le sautiellement à simple rebond et le mouvement HBDG mal exécutés pourraient bien traduire une sorte de signature d'une insuffisance de transfert interhémisphérique. Le degré de réussite pourrait traduire une plus ou moins bonne efficacité de ce transfert. Les scores, obtenus au mouvement HBDG suivant que les enfants parvenaient à une exécution « bi-hémisphérique primaire », « bi-hémisphérique secondaire », stable ou instable, ou « mono-hémisphérique », ainsi que les scores de réussite au sautiellement sont corrélés avec la plupart des attitudes et des résultats scolaires, ce qui semble montrer l'existence d'un lien entre ces fonctionnements et la réussite des élèves.

Ce lien est relativement puissant puisque les scores du sautiellement et du mouvement HBDG prédisent, à eux seuls, ceux de la concentration, de l'écoute, de l'autonomie, de la rapidité, de l'aide spécialisée, des résultats en mathématique, en lecture, de tous les résultats scolaires et de la note totale délivrée par les enseignants. Mis ensemble, le mouvement HBDG, le sautiellement et l'indice de la latéralité globale permettent de prédire non seulement toutes les attitudes nécessaires au « métier d'élève » mais aussi tous les résultats scolaires en lecture, en écriture, en mathématiques, et les résultats scolaires pour l'ensemble du travail, dix-huit mois plus tard : le troisième objectif de l'expérimentation est atteint. Ainsi cette étude s'inscrit bien, entre autres, dans la continuité du travail mené par Albaret (1999), par Pagani et al. (2011) ou par Tramontana et al. (1988), qui montre une corrélation positive entre motricité de déplacement et motricité fine avec la réussite en lecture-écriture et en performances scolaires générales. Il ne s'agit pas ici de motricité fine mais de motricité globale utilisant les quatre membres, facilement observable dans le cadre des activités d'Éducation Physique et Sportive qui se pratique quotidiennement en petite classe : le mouvement HBDG peut être réalisé par les enfants les plus jeunes lors d'un simple jeu de « Jacques-a-dit », et le sautiellement à simple rebond, très apprécié des enfants, se fait facilement dans les cours de récréation. Cela pourrait être des outils pratiques, plus simples à utiliser que des tests phonologiques, pour suspecter précocement la possibilité de survenue future de troubles des apprentissages et offrir des pistes de remédiation, dès l'âge de quatre ans.

Afin de vérifier le potentiel exploratoire du mouvement HBDG pour l'évaluation de l'efficacité du transfert interhémisphérique et l'intérêt du paradigme de motricité employé dans cette étude, il serait très intéressant de faire pratiquer le mouvement HBDG avec des amplitudes minimales des membres dans un IRMf, et avec des tests neuropsychologiques permettant d'évaluer précisément les performances cognitives. Il serait possible également, toujours pour des mouvements de type HBDG, de doter les enfants aux poignets et aux chevilles de *flocks of bird* (bracelets équipés d'un capteur de position magnétique), ou de les installer sur des *Magic Carpets* (petits tapis capteurs de mouvements), afin de calculer les temps avec lesquels les enfants mobilisent chaque membre, ainsi que le décalage, peut-être imperceptible à l'œil nu, qui pourrait exister lors d'un lever de pied avec sa main opposée. Cela donnerait des indications précieuses sur la qualité et la vitesse du transfert entre les deux hémisphères, ou en tout cas sur l'efficacité de la structure calleuse pour la coordination des deux hémicorps. Ainsi, les exercices de motricité mobilisant les deux hémicorps et requérant une coordination globale performante pourraient peut-être constituer de bons outils d'exploration indirecte pour appréhender la qualité du transfert interhémisphérique : il y a donc là, possiblement, des outils à utiliser dans le cadre d'une exploration du fonctionnement calleux et dans celui des troubles des apprentissages.

Limites de cette étude

Les enfants de cette étude les plus en difficulté n'ont pas été diagnostiqués comme étant atteints de dyslexie ou d'un autre trouble des apprentissages, ni dans le premier, ni dans le second temps de l'expérimentation, puisque, trop jeunes, ils n'avaient pas les 18 mois officiels requis d'échec à l'apprentissage de la lecture, de l'écriture ou des mathématiques, ou qu'ils venaient tous juste de les avoir. Aussi est-il logique de penser que le cadre, ici, est plutôt celui de la difficulté scolaire que des troubles des apprentissages, *stricto sensu*, mais, les élèves les plus faibles étaient, pour le milieu scolaire et très tôt, déjà victimes d'importantes difficultés pour apprendre, ce qui préoccupe les adultes qui entourent l'enfant, quelle qu'en soit la cause. De plus, un enfant ne se révèle pas dys en fin de CE1, il l'est vraisemblablement bien avant, même s'il n'est aujourd'hui pas encore possible de le diagnostiquer précocement. Il est donc possible que l'ensemble des enfants possédant les plus mauvais résultats dans cette étude ne présentent pas des troubles des apprentissages, cependant, la présence systématique des signes dans leurs profils appartenant aux symptômes dys, comme les difficultés phonologiques ou les troubles du langage, ainsi que le pattern de différence qui existe entre les enfants possédant deux latéralités gauches et les autres, interpelle forcément. En accord avec les résultats obtenus dans cette expérience, il est possible de dégager chez les élèves les plus faibles des marqueurs symptomatiques des difficultés : atteinte de la coordination, de l'attention à l'environnement sonore, du graphisme, de la lecture, etc., qui sont souvent décrits dans la littérature, et difficulté à exécuter mouvement HBDG et sautiellement. Par ailleurs, pour le milieu scolaire, ce qui importe avant tout n'est pas nécessairement que l'enfant reçoive un diagnostic de tel ou tel dys, mais

que les difficultés premières soient rapidement comprises pour améliorer la prévention et pour proposer des remédiations mieux adaptées : le repérage d'éléments remarquables dans la motricité globale pourrait se faire relativement facilement en maternelle pour diriger précocement les enfants chez des professionnels de la santé pour une exploration plus approfondie.

CONCLUSION

Cette expérimentation se proposait d'évaluer si un paradigme de motricité, comprenant mouvement HBDG, sautiellement avec simple rebond et recherche des latéralités pouvait révéler les élèves les plus en difficulté, parmi lesquels devrait se retrouver une proportion notable d'enfants dys. Les élèves étant trop jeunes pour être diagnostiqués dans des centres spécialisés, il n'est évidemment pas possible de dire, parmi ces élèves en difficulté, ceux qui sont ou qui ne sont pas atteints d'un ou de plusieurs troubles dys, bien que présentant des éléments symptomatiques de la sphère dys. L'étude se situe donc dans une frontière encore mal dessinée, entre difficultés et troubles dys, en attendant que des diagnostics fiables puissent être posés par une équipe pluridisciplinaire.

Le mouvement HBDG, le sautiellement et l'indice de latéralité, traduisant le nombre de latéralité à gauche, permettent ensemble de prédire significativement toutes les attitudes nécessaires au travail ainsi que tous les résultats scolaires, dix-huit mois plus tard. L'effet est grand, puisque qu'ils expliquent 33.77% de la variance des scores de toutes les attitudes et 35.35 % de celle des scores des résultats scolaires.

Ce paradigme de motricité pourrait traduire, chez les enfants en difficulté, une problématique sous-jacente, liée à une utilisation préférentielle de l'hémisphère droit et à une insuffisance de transfert des informations interhémisphériques à cause d'un corps calleux plus ou moins déficient. L'intérêt de ce paradigme est qu'il est facile à mettre en œuvre par les enseignants et utilisable très tôt dans la scolarité : il leurs permettrait ainsi de signaler rapidement les enfants susceptibles d'être en difficulté scolaire par la suite, pour des prises en charge précoce, et, si besoin, un réajustement de la latéralité manuelle.

Dans cette logique, il semble également crucial que la communauté médicale et éducative se dote de moyens pour pouvoir raccourcir le délai des dix-huit mois d'échec à un apprentissage qui est préconisé pour parler de troubles, et trouve de véritables marqueurs précoces d'un potentiel dys, afin que les enfants puissent être pris en charge efficacement, le plus tôt possible. En particulier, il semble important de mieux comprendre le sens d'une présence de la latéralité gauche du pied chez les enfants les plus faibles, pourquoi et comment la latéralité manuelle droite se met plus tard en place, alors qu'elle ne paraît pas forcément être dominante chez les enfants plus petits.

Par ailleurs, le fait que les enfants réussissant bien en classe parviennent sans problème à réaliser le sautiellement à simple rebond et le mouvement HBDG, tandis que les enfants en difficulté ne le font pas, pourrait faire de ce type d'exercices un outil éducatif précieux, fondamental, et constituer une approche préventive particulièrement intéressante : chez les plus jeunes, il pourrait permettre l'établissement d'une meilleure coordination motrice globale et meilleure coordination calleuse, ce qui pourrait retentir positivement sur les activités cognitives demandant une bonne coopération inter-hémisphérique. L'acquisition d'une bonne coordination, dès les classes de maternelle, pourrait donc être un prérequis pédagogique aussi important que la connaissance des lettres, des chiffres et que l'acquisition des compétences phonologique et constituer une condition physiologique indispensable à la bonne exécution des opérations cognitives nécessaires à une scolarité réussie.

Remerciements

Merci pour leur aide ou leurs conseils
à Lucile Chanquoy et Isabelle Negro, Professeures,
à Marie-Noële Magnie-Mauro, Neurologue,
à Patricia Pope, Enseignante Spécialisée
et, en particulier, à Julia Veylon, Neuropsychologue.
Merci également à l'auteur anonyme du dessin servant de base aux figures 2 à 7.

Bibliographie

- Abbara, A. (2010). *Agenesis of corpus callosum*. Récupéré le 28 novembre 2011 sur le site de l'auteur http://www.aly-abbara.com/echographie/Atlas_echographie/images/flash/corps_calleux_ap.html.
- Agostin, T. M. & Bain, S. K. (1997). Predicting early school success with developmental and social skills screeners. *Psychology in the Schools*, 34(3), 219-228.
- Albaret, J.-M. (1999). Troubles de l'acquisition de la coordination: perspectives actuelles des dyspraxies de développement. *Évolutions Psychomotrices*, 11, 123-129.
- Albaret, J.-M., & Castelnau, P. de. (2009). Place des troubles de la motricité dans les troubles spécifiques du langage oral. *Développements*, 1, 5-13.
- Alexander, K. R., Entwisle, D. R. & Dauber, S. L. (1993). First grade classroom behavior: its short and long-term consequences for school performance. *Child development*, 64, 801-814.
- Assal, F., Schwartz, S., & Vuilleumier, P. (2007). Moving with or without will: functional neural correlates of alien hand syndrome. *Annals of Neurology*, 62(3), 301-306.
- Azzano, V., Jacquier-Roux, M., Lepaul, D., Lequette, C., Pouget, G., & Zorman, M. (2011). *Le Bilan de Santé Évaluation du Développement pour la Scolarité (BSEDS 5-6)*. Grenoble : Cogni-Sciences.
- Badzakova-Trajkov, G., Hamm, J. P., & Waldie, K. E. (2005). The effects of redundant stimuli on visuospatial processing in developmental dyslexia. *Neuropsychologia*, 43(3), 473-478.
- Banich, M.T., & Belger, A. (1990). Interhemispheric interaction: how do the hemispheres divide and conquer a task ? *Cortex*, 26, 77-94.
- Baptiste, C., Revol, O., & Benkaci, D. (2001). Prise en charge de la dyslexie en 2000. Enquête transversale chez 714 enfants en France. Actualité épidémiologique. *Approche Neuropsychologique des Apprentissages chez l'Enfant*, 62-63, 147-153.
- Barkovich, A. J. (1996). Analyzing the Corpus Callosum. *American Journal of Neuroradiology*, 17, 1643-1645.
- Barkovich, A. J., & Norman, D. (1988). Anomalies of the corpus callosum: correlation with further anomalies of the brain. *American Journal of Roentgenology*, 151(1), 171-179.
- Best, C. (1985). *Hemispheric function and collaboration in the child*. Orlando: Academic Press.
- Bender, L. (1935). Gestalt Function In Visual Motor Patterns In Organic Disease Of The Brain. *Archives of Neurology and Psychiatry*, 33, 328.
- Blair, C., & Razza, R.P. (2007). Relating effortful control, executive function, and false belief understanding to emerging math and literacy ability in kindergarten. *Child Development*, 78(2), 647-63.
- Bloom, J. S., & Hynd, G. W. (2005). The Role of the Corpus Callosum in Interhemispheric Transfer of Information: Excitation or Inhibition? *Neuropsychology Review*, 15(2), 59-71.
- Bryden, M.P. (1982). *Laterality, functional asymmetry in the intact brain*. New York : Academic Press.
- Cardin, J.F., Desrosiers, H., Belleau L. & Giguère C. (2011). Les symptômes d'hyperactivités et d'inattention chez les enfants de la période préscolaire à la deuxième année du primaire. *Portraits et trajectoires*, 12, 1-8.
- Castro-Caldas, A., Cavaleiro, M.P., Carmo, I., Reis, A., Leote, F., Ribeiri, C. & Ducla-Soares, E. (1998). Influence of learning to read and write on the morphology of corpus callosum. *European Journal of Neurology*, 6, 23-28.
- Chaix, Y., Albaret, J.-M., Brassard, C., Cheuret, E., Castelnau, P. de, Benesteau, J., Karsenty, C., & Démonet, J.-F. (2007). Motor impairment in dyslexia : the influence of attention disorder. *European Journal of Paediatric Neurology*, 11, 368-374.
- Chanquoy, L., & Negro, I. (2004). *Psychologie du développement*. Paris : Hachette supérieur.
- Cook, N. D. (1986). *The brain code: mechanisms of information transfer and the role of the corpus callosum*. London; New York: Methuen.
- Corballis, M. C. (1991). *The lopsided ape: evolution of the generative mind*. New York: Oxford University Press.
- De Agostini, M. & Doyen, A.-L. (2005). Le développement de la latéralité manuelle chez l'enfant. Récupéré sur le site www.mundocanhoto.xpg.com.br le 11 décembre 2012.
- DiLalla, L. F., Marcus, J. L. & Wright-Phillips, M. V. (2004). Longitudinal effects of preschool behavioral styles on early adolescent school performance. *Journal of School Psychology*, 42, 385-401.
- Duara, R., Kushch, A., Gross-Glenn, K., Barker, W. W., Jallad, B., Pascal, S., Loewenstein, D. A., Sheldon, J., Rabin, M., Levin, B., & Lubs, H. (1991). Neuroanatomic Differences Between Dyslexic and Normal Readers on Magnetic Resonance Imaging Scans. *Archives of Neurology*, 48(4), 410-416.
- Entwisle, D. R., Alexander, K. L. & Olson, L. S. (2005). First Grade and Educational Attainment by Age 22: A New Story. *American Journal of Sociology*, 110(5), 1458-1502.
- Fagard, J. & Dahmen, R. (2004). Cultural influences on the development of lateral preferences: a comparison between French and Tunisian children. *Laterality*, 9(1), 67-78.
- Faure, S., Habib, M., Joannette, Y., & Lechevalier, B. (2008). *Hémisphère droit, hémisphère gauche et cognition*. Traité de neuropsychologie clinique (3). Chap. 26. Paris: De Boeck.
- Flynn, J. M. & Rahbar, M. H. (1998). Improving teacher prediction of children at risk for reading failure. *Psychology in the schools*, 35(2), 163-172.
- Gaines, R., & Missiuna, C. (2007). Early identification: are speech/language-impaired toddlers at increased risk for Developmental Coordination Disorder ? *Child: Care, Health and Development*, 33(3), 325-332.
- Gazzaniga, M. S., Ivry, R. B., & Mangun, G. R. (2001). *Neurosciences cognitives: la biologie de l'esprit*. Paris: De Boeck Université.
- Geschwind, D. H., Iacoboni, M., Mega, M. S., Zaidel, D. W., Cloughesy, T., & Zaidel, E. (1995). The alien hand syndrome: Interhemispheric motor disconnection due to a lesion in the midbody of the corpus callosum. *Neurology*, 45, 802-808.

- Geschwind, N., & Galaburda, A.M. (1987). *Cerebral Lateralization: biological mechanisms, associations and pathology*. MIT press: Cambridge, MA.
- Gesell, A. (1952). *Ontogenèse du comportement. Principe d'asymétrie fonctionnelle*, in Carmichael, L. (1952). *Manuel de psychologie de l'enfant*. Paris: Presses Universitaires de France, 490-500.
- Geuze, R. H., Jongmans, M. J., Schoemaker, M. M. & Smits-Engelsman, B. C. M. (2001). Clinical and research diagnostic criteria for developmental coordination disorder: a review and discussion. *Human Movement Science*, 20(1-2), 7-47.
- Gladstone, M. Best, C. T., & Davidson, R. (1989). Anomalous Bimanual Coordination Among Dyslexic Boys. *Developmental Psychology*, 25(2), 236-246.
- Golgi, C. (1906). *The Neuron Doctrine - theory and facts. Nobel Lectures*. Stockholm (Sweden): Nobel Foundation.
- Gombert, J. E. (1988). Note de synthèse. *Revue française de pédagogie*, 83(1), 65-81.
- Grissmer, D., Grimm, K. J., Aiyera, S. M., Murraha, W. M., & Steele, J. S. (2010). Fine motor skills and early comprehension of the world: two new school readiness indicators. *Developmental Psychology*, 46(5), 1008-1017.
- Gross-Glenn, K., & Rothenberg, S. (1984). Evidence for deficit in inter-hemispheric transfer of information in dyslexic boys. *International Journal of Neuroscience*, 24, 23-25.
- Guimard, P., Cosnefroy, O., & Florin, A. (2007). Évaluation des comportements et des compétences scolaires par les enseignants et prédiction des performances et des parcours à l'école élémentaire et au collège. *L'orientation scolaire et professionnelle*, 36(2), 179-202.
- Habib, M. (2000). The neurological basis of developmental dyslexia: An overview and working hypothesis. *Brain*, 123, 2373-2399.
- Habib, M. (2007). « Dyslexie et syndromes apparentés : où en est la recherche neuroscientifique ? » L'exemple du réseau Dys à Marseille. *Les dysfficultés*. Colloque du 24 Mars. Rennes : APEDYS 35.
- Habib, M. & Robichon, F. (1998). *Dominance hémisphérique*. Encyclopédie MédicoChirurgicale (Neurologie), 17-022-C-10, p. 8 Paris : Editions Scientifiques et Médicales Elsevier S.A.S.
- Harkins, D. & Uzugiris, I. (1991). Hand-use matching between mothers and infants during the first year. *Infant Behavior and Development*, 14(3), 289-298.
- Harris, A.J. (1961). *Manuel d'application des tests de latéralité*. Paris : Editions du Centre de Psychologie Appliquée.
- Harvey, W., & Reid, G. (2003). Attention-deficit/hyperactivity disorder: a review of research on movement skill performance and physical fitness. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 20(1), 1-25.
- Hecaen, H. & Assal, G., (1968). Les relations interhémisphériques et le problème de la dominance cérébrale. *L'année psychologique*, 68(2), 491-523.
- Hellige, J. B., Taylor, K. B., Lesmes, L., & Peterson, S. (1998). Relationships between Brain Morphology and Behavioral Measures of Hemispheric Asymmetry and Interhemispheric Interaction. *Brain and Cognition*, 36(2), 158-192.
- Hildreth, G. G. (1949). The development and training of hand dominance; developmental tendencies in handedness. *J Genet Psychol*, 75(2), 221.
- Hill, E. L. (2001). Non-specific nature of specific language impairment: a review of the literature with regard to concomitant motor impairments". *International Journal of Language and Communication Disorders*, 36(2), 149-171.
- Hyde, C., & Wilson, P. (2010) Online motor control in children with developmental coordination disorder : chronometric analysis of double-step reaching performance. *Child: care, health and development*.
- Hynd, G. W., Hall, J., Novey, E. S., Eliopulos, D., Black, K., Gonzales, J. J., Edmonds, J. E., Riccio, C., & Cohen, M. (1995). Dyslexia and corpus callosum morphology. *Archives of Neurology*, 52, 32-38.
- Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (INSERM). (2007). *Dyslexie Dysorthographe Dyscalculie. Bilan des données scientifiques*. Expertise collective. Paris: Les éditions Inserm.
- Jäncke, L., Wunderlich, G., Schlaug, G., & Steinmetz, H. (1997). A case of callosal agenesis with strong anatomical and functional asymmetries. *Neuropsychologia*, 35(10), 1389-1394.
- Jung-Beeman, M. (2005). Bilateral brain processes for comprehending natural language. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(11), 512-518.
- Kadesjö, B., & Gillberg, C. (2001). The comorbidity of ADHD in the general population of Swedish school-age children, *The Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, 42(4), 487-492.
- Kaplan, B., & Wilson, N. (1998). DCD may not be a discrete disorder, *Human Movement Science*, 17(4-5), 471-490.
- Larkin, D. & Hoare, D. (1992). The movement approach: a window to understanding the clumsy child in *Approaches to the study of motor control and learning*. Editions JJ Summers. Amsterdam : Elsevier.
- Larsen, J. P., Høien, T., & Odegaard, H. (1992). Magnetic resonance imaging of the corpus callosum in developmental dyslexia. *Cognitive Neuropsychology*, 9, 123-134.
- Lerbet, G. (1965). La dominance latérale. *L'année psychologique*, 65(2), 411-438.
- Lechevalier, B., Eustache, F., & Viader, F. (2008). *Traité de neuropsychologie clinique: neurosciences cognitives et cliniques de l'adulte*. Paris: De Boeck.
- Lecoq, P. (1991). *Apprentissage de la lecture et dyslexie*. Ixelles, Belgium : Éd. Mardaga.
- Legifrance. (2013). *Code de l'Éducation*. Version consolidée au 1 janvier. Art. 541-1. Paris : Gouvernement Français.
- Lerbet, G. (1965). La dominance latérale. *L'année psychologique*, 65(2), 411-438.
- Leisman, G. (2002). Coherence of hemispheric function in developmental dyslexia. *Brain and cognition*, 48(2-3), 425-431.
- Liederman, J. (1998). The Dynamics of Interhemispheric Collaboration and Hemispheric Control. *Brain & Cognition*, 36, 193-208.
- Mantzicopoulos, P. Y., & Morrison, D. (1994). Early prediction of reading achievement. Exploring the relationship of cognitive and noncognitive measures to inaccurate classifications of at-risk status. *Remedial and Special Education*, 4, 244-251.
- Markee, T., Brown, W. S., Moore, L. H., & Theberge, D. C. (1996). Callosal function in dyslexia: Evoked potential interhemispheric transfer time and bilateral field advantage. *Developmental Neuropsychology*, 12, 409-428.
- Mayer, E. (2002). Rôle du corps calleux dans la spécialisation hémisphérique. *Revue de neuropsychologie*, 12(1), 129-163.

- Meisels, S. J., Bickel, D. D., Nicholson, J., Xue, Y. & Atkins-Burnett, S. (2001). Trusting teachers' Judgments: a validity study of a curriculum-embedded performance assessment in Kindergarten to Grade 3. *American Educational Research Journal*, 38(1), 73-95.
- Meljac, C., Kugler, M. & Mogenet, J.-L. (2001). Prévision, prédiction, anticipation et apprentissage de la lecture. *Pratiques psychologiques*, 1, 81-97.
- Métellus, J., Sauvageot, B., & Randianarisoa, B. (2001). Approche historique et critique des problèmes posés par la dyslexie. *Annales médico-psychologiques*, 159, 664-668.
- Meulenbroek, R.G.J., Vinter, A., & Mounoud, P. (1993). Development of the start-rotational principle in circle production. *British Journal of Developmental Psychology*, 11, 307-320.
- Missiuna, C., Moll, S., King, S., King, G. & Law, M. (2007). A Trajectory of Troubles, Physical and Occupational Therap. *Pediatrics*, 27(1), 81-101.
- Moore, L.H., Brown, W.S., Markee, T.E., Theberge, D.C., & Zvi, J.C. (1995). Bimanual coordination in dyslexic adults. *Neuropsychologia*, 33(6), 781-793.
- Moutard, M.L. (2007). *L'agénésie isolée du corps calleux*. Encyclopédie Orphanet Grand Public. *Movement Science*, 17, 471-490.
- National Education Goals Panel. (1991). *The Goal 1 Technical Planning Subgroup Report on School Readiness*. Washington, DC: National Education Goals Panel.
- Nicolson, R. I., & Fawcett, A. J. (2007). Procedural learning difficulties: reuniting the developmental disorders? *Trends in Neurosciences*, 30(4), 135-141.
- Organisation Mondiale de la Santé. (1992). *CIM-10 : Classification statistique internationale des maladies et des problèmes de santé connexes*. Section F81.0. Genève: Auteur.
- Orton, S.T. (1925). Word-blindness' in school children. *Archives of Neurology and Psychiatry*, 14, 285-516.
- Pagani, L. S. Fitzpatrick, C., Belleau, L., & Janosz, M. (2011). *Prédire la réussite scolaire des enfants en quatrième année à partir de leurs habiletés cognitives, comportementales et motrices à la maternelle*. Québec: Institut de la Statistique, 6(1), 1-12.
- Piaget, J., & Inhelder, B. (1956). *The Child's Conception of Space*. London: Routledge and Kegan Paul.
- Quay, L. C. & Steele, D. C. (1998). Predictive children achievement from teacher judgements: an alternative to standardized testing, *Early Education and Development*, 9(3), 207-218.
- Ramón y Cajal, S. (1906). *The structure and connexions of neurons*. Stockholm (Sweden): Nobel Foundation.
- Raschle, N. M., Zuk, J., & Gaab, N. (2012). Functional characteristics of developmental dyslexia in left-hemispheric posterior brain regions predate reading onset. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(6), 2156-2161.
- Richelme, C. (2010). *Les troubles spécifiques du développement de l'enfant*. Cours du Master 2 Psychologie et Neuropsychologie du Développement et des Fonctionnements Cognitifs. Université de Nice Sophia Antipolis, France.
- Rumsey, J. M., Casanova, M., Manheim, G. B., Patronas, N., De Vaughn, N., Hamburger, S. D., & Aquino, T. (1996). Corpus callosum morphology, as measured with MRI, in dyslexic men. *Biological Psychiatry*, 39, 769-775.
- Sacco, S., Moutard, M.L., & Fagard, J. (2006). Agenesis of the corpus callosum and the establishment of handedness. *Developmental Psychobiology*, 48(6), 472-481.
- Sallagoity, I., (2001). *Approche dynamique de la motricité graphique*. Rapport de recherche en vue de l'obtention du DEA Science du Mouvement Humain. Université de Toulouse III Paul Sabatier, Toulouse, France.
- Sallagoity, I. (2004). *Dynamique de coordination spontanée de l'écriture*. Thèse en vue de l'obtention du grade de Docteur en Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives, Université de Toulouse III Paul Sabatier, Toulouse, France.
- Schnitzler, A., Kessler, K.R., & Benecke, R. (1996). Trancallosal mediated inhibition of interneurons within human primary motor cortex. *Experimental Brain Research*, 112, 381-391.
- Thatcher, R.W., Walker, R.A., & Giudice, S. (1987). Human cerebral hemispheres develop at different rates and ages. *Science*, 236, 1110-1113.
- Taylor, H. G., Anselmo, A., Foreman, A. L., Schatschneider, C., & Angelopoulos, J. (2000). Utility of kindergarten teacher judgments in identifying early learning problems. *Journal of Learning Disabilities*, 33(2), 200-210.
- Terras, M. M., Thompson, L. C., & Minnis, H. (2009). Dyslexia and psycho-social functioning: an exploratory study of the role of self-esteem and understanding. *Dyslexia*, 15(4), 304-327.
- Terras, M.M., Thompson, L.C., & Minnis, H. (2009) Dyslexia and psycho-social functioning: an exploratory study of the role of self-esteem and understanding. *Dyslexia*, 15(4). 304-327.
- Thompson, P.M., Giedd, J.N., Woods, R.P., MacDonald, D., Evans, A.C., & Toga, A.W. (2000). Growth Patterns in the Developing Human Brain Detected Using Continuum-Mechanical Tensor Mapping. *Nature*, 404(6774), 190-193.
- Touzin, M., & Le Heuzey, M.F. (2002). Lecture et dyslexies. *Le concours médical*, 124(2), 91-94.
- Tramontana, M., Hooper, S. & Selzer, S. (1988). Research on the preschool prediction of later academic achievement: A review. *Developmental Review*, 8(2), 89-146.
- Vaivre-Douret, L. & Castagnera, L. (1999). L'ampleur du problème. *Actualité et dossier en santé publique*, 26.
- Vaivre-Douret, L. & Tursz, A. 1999. Les troubles d'apprentissage chez l'enfant. Un problème de Santé Publique. *Revue du Haut Comité de Santé Publique*, 26, 23-65.
- Verstichel, P. & Degos, J. D. (2000). *Syndromes de déconnexion interhémisphérique*. Encyclopédie Médico-Chirurgicale, Neurologie, 17-036-C-10. Paris: Editions Scientifiques et Médicales Elsevier SAS.
- Webster, R. I., Majnemer, A., Platt, R. W. & Shevell, M. I. (2005). Motor function at school age in children with a preschool diagnosis of developmental language impairment. *The Journal of Pediatrics*, 146(1), 80-85.
- Yen, C.-J., Konold, T. R., & McDermott, P. A. (2004). Does learning behavior augment cognitive ability as an indicator of academic achievement? *Journal of School Psychology*, 42(2), 157-169.
- Yeni-Komshian, G. H., Isenberg, D., & Goldberg, H. (1975). Cerebral Dominance and reading disability: left visual field deficit in poor readers. *Neuropsychologia*, 13, 83-94.

Annexe

Résultats GS

Résultats CP

	Niveau	Genre	Main	Œil	Pied	CombiLat	MvHBDG	Sautillement	ScoreMotricité	Instabilité	Concentration	Ecoute	Autonomie	Rapidité	AideSpécialisée	TotAtitudes	ResultMaths	ResultLect	ResultEcrit	ResultScol	ScorEnseig
1	GS	G	0	1	1	2	0	0	2	0	1	1	2	3	0	7	0	1	1	1	10
2	GS	G	0	0	1	1	0	0	1	3	1	2	0	1	0	7	0	0	1	0	8
3	GS	G	0	1	0	1	1	0	2	0	0	0	0	3	0	3	0	0	0	0	3
4	GS	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
5	GS	G	0	1	0	1	0	3	4	3	3	3	0	0	3	12	2	1	3	2	20
6	GS	G	0	0	0	0	0	3	3	1	1	0	0	1	0	3	0	0	2	1	6
7	GS	F	0	1	0	1	1	3	5	2	3	1	0	1	0	7	1	1	1	2	12
8	GS	F	0	1	0	1	1	0	2	2	2	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4
9	GS	F	1	0	1	2	0	0	2	0	0	1	0	1	0	2	1	1	1	1	6
10	GS	F	0	0	0	0	1	3	4	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
11	GS	G	0	1	1	2	2	3	7	3	2	2	2	3	2	14	1	2	3	2	22
12	GS	G	0	1	1	2	3	3	8	2	3	3	3	3	3	17	3	3	3	3	29
13	GS	F	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
14	GS	F	0	1	0	1	3	3	7	1	1	1	1	1	0	5	1	2	1	2	11
15	GS	G	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	3	0	0	0	0	3
16	GS	F	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	3	0	0	0	0	3
17	GS	G	0	0	0	0	3	3	6	2	2	2	1	1	0	8	0	1	1	1	11
18	GS	F	0	0	1	1	0	0	1	2	1	1	0	1	0	5	0	0	0	0	5
19	GS	F	0	1	0	1	1	0	2	0	1	1	0	1	0	3	0	0	0	0	3
20	GS	G	1	1	0	2	1	3	6	3	3	2	3	3	3	17	1	2	3	3	26
21	GS	F	0	0	0	0	3	0	3	2	1	0	0	1	0	4	0	1	0	0	5
22	GS	G	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
23	GS	G	1	1	0	2	1	0	3	1	1	1	1	1	0	5	1	1	2	1	10
24	GS	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	2
25	GS	G	0	0	0	0	1	3	4	1	1	1	0	1	0	4	0	0	1	0	5
26	GS	G	0	1	0	1	1	0	2	3	1	2	0	1	0	7	0	0	1	0	8
27	GS	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2	0	0	0	0	2
28	GS	G	0	1	1	2	3	3	8	2	3	3	3	3	3	17	3	3	3	3	29
29	GS	F	0	0	0	0	2	0	2	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
30	GS	F	0	1	0	1	0	3	4	2	1	1	0	1	0	5	1	1	2	1	10
31	GS	G	1	0	1	2	1	3	6	0	2	2	3	3	3	13	3	3	3	3	25
32	GS	G	0	0	0	0	2	3	5	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	3
33	GS	F	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	GS	F	0	1	0	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
35	GS	G	0	1	0	1	0	3	4	0	0	0	1	1	0	2	1	1	1	0	5
36	GS	G	0	1	0	1	2	3	6	0	1	1	2	3	1	8	2	2	3	2	17
37	GS	F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	3
38	GS	F	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
39	GS	G	0	1	1	2	0	0	2	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	2
40	GS	G	0	0	0	0	1	3	4	0	0	0	0	2	0	2	0	0	0	0	2
41	GS	G	0	0	0	0	0	3	3	1	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	2
42	GS	G	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1

	Niveau	Genre	Main	Œil	Pied	CombiLat	MvHBDG	Sautillement	ScoreMotricité	Instabilité	Concentration	Ecoute	Autonomie	Rapidité	AideSpécialisée	TotAtitudes	ResultMaths	ResultLect	ResultEcrit	ResultScol	ScorEnseig
43	CP	G	0	0	0	0	2	0	2	1	1	2	2	2	2	10	1	0	1	2	14
44	CP	F	0	1	0	1	1	0	2	0	0	0	1	3	0	4	0	1	1	1	7
45	CP	G	0	0	0	0	0	3	3	1	0	0	0	2	0	3	0	0	1	0	4
46	CP	F	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
47	CP	F	0	0	0	0	2	0	2	0	1	0	1	2	0	4	0	1	0	0	5
48	CP	F	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	CP	G	0	0	1	1	1	0	2	2	1	0	0	1	0	4	0	0	0	0	4
50	CP	G	1	0	0	1	2	0	3	3	1	1	1	1	0	7	1	0	3	1	12
51	CP	G	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	2	2	1	7	1	1	2	2	13
52	CP	G	0	0	0	0	0	3	3	1	0	0	1	1	0	3	0	1	0	1	5
53	CP	G	0	1	0	1	0	0	1	3	1	0	0	2	0	6	1	0	0	0	7
54	CP	G	0	0	0	0	2	0	2	1	0	0	1	2	0	4	1	0	1	0	6
55	CP	F	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	1	0	4	0	0	0	0	4
56	CP	G	0	1	0	1	1	0	2	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
57	CP	F	1	1	0	2	1	3	6	2	1	0	1	0	0	4	1	0	1	1	7
58	CP	F	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	2
59	CP	G	0	1	0	1	1	0	2	0	1	0	0	2	0	3	0	0	0	0	3
60	CP	F	0	0	0	0	1	3	4	0	1	0	3	0	3	7	2	2	2	2	15
61	CP	F	0	1	0	1	1	0	2	0	0	1	1	2	3	7	3	3	0	3	16
62	CP	F	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	0	2	1	0	0	0	3
63	CP	F	0	0	0	0	2	0	2	2	1	1	0	0	0	4	0	0	0	0	4
64	CP	F	0	0	1	1	1	3	5	1	2	2	2	3	0	10	2	0	0	1	13
65	CP	F	0	1	0	1	2	3	6	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
66	CP	G	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
67	CP	G	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
68	CP	F	1	1	0	2	3	3	8	1	1	0	0	2	0	4	0	0	0	0	4
69	CP	G	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70	CP	G	0	1	0	1	3	0	4	1	1,5	2	3	2	2	11,5	1	2	2	2	18,5
71	CP	G	0	1	0	1	3	0	4	1	1,5	1	2	2	0	7,5	1	2	2	1	13,5
72	CP	F	0	0	0	0	2	3	5	2	2	2	2	2	2	12	2	1	2	2	19
73	CP	G	0	1	0	1	2	0	3	0	0	1	2	3	0	6	0	1	1	1	9
74	CP	G	0	1	0	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
75	CP	F	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	2	1	0	4	1	2	1	1	9
76	CP	F	0	0	0	0	2	3	5	2	2	2	3	3	3	15	3	3	0	3	24
77	CP	G	0	0	0	0	0	0	0	3	1	1	0	0	0	5	0	0	2	0	7
78	CP	F	0	0	0	0	3	0	3	0	0	0	1	2	0	3	2	0	0	1	6
79	CP	F	0	1	0	1	2	0	3	0	0	0	1	2	0	3	2	0	0	1	6
80	CP	F	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	2	1	0	0	0	3
81	CP	F	0	0	1	1	0	0	1	2	2	1	2	2	2	11	1	1	1	2	16